



**FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**

Análise do RCCTE no contexto da regulamentação europeia

Pedro Manuel Rodrigues Coelho

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para
obtenção do grau Mestre em Engenharia Civil –
– Perfil de Construção

Orientador: Professor Doutor Daniel Aelenei

Presidente: Doutor Nuno Manuel da Costa Guerra

Vogal: Doutor António Heleno Domingues Moret Rodrigues (Arguente)

Vogal: Doutor Daniel Aelenei (Orientador Científico)

Abril de 2011

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Daniel Aelenei, pelo estímulo, orientação e disponibilidade demonstrados durante toda a elaboração desta dissertação. Agradeço o apoio, ajuda e partilha de experiências profissionais que foram decisivas para a realização deste trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia Civil, pela contribuição e ensino ao longo destes anos académicos.

Aos meus pais, irmão e restante família pelo apoio, motivação e incentivos constantes que me proporcionaram e se revelaram fundamentais para a realização deste trabalho. Um agradecimento especial à Joana Cruz pela colaboração na tradução de alguns textos.

Aos meus amigos e colegas, pela amizade e simpatia demonstradas e pela partilha de conhecimentos, discussões e opiniões que me auxiliaram ao longo desta importante etapa da minha vida académica.

E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Resumo

O sector da construção é um dos sectores com maior impacto na sociedade, apresentando uma elevada percentagem do consumo de energia no planeta. O seu desenvolvimento provocou alterações climáticas e esgotamento de alguns recursos naturais.

Assim, é essencial dotar os edifícios, tanto os novos como os já existentes, de uma maior eficiência energética. Deste modo, é necessário adoptar medidas para um desenvolvimento mais sustentável, através da utilização de energia proveniente de fontes renováveis e da diminuição do seu consumo energético.

Com a finalidade de resolver estes problemas, a directiva europeia relativa ao desempenho energético dos edifícios (EPBD) sugere que os Estados Membros da União Europeia alterem os seus regulamentos térmicos de modo a reduzir o consumo energético nos edifícios.

Este trabalho analisa o regulamento português (RCCTE) e o espanhol (CTE), tentando perceber as principais diferenças no processo de certificação de edifícios nos dois países.

Palavras-chave: RCCTE; CTE; EPBD; Eficiência energética.

Abstract

The building sector is amongst those who have the biggest impact in our society. It represents a huge part of the planet's energetic consumption. Its development caused a series of climatic changes and the exhaustion of natural resources.

Therefore, it's essential that the new and existing buildings are energetically efficient. Hence, we need to take measures in order to reach a sustainable development. This means that the use of renewable energies must be stimulated and the energetic consumption has to be reduced.

The European Directive regarding the buildings energetic performance (EPBD) induces the members of the European Union to establish requirements for energy efficiency, in order to reduce the energetic consumption.

This work focuses on the Portuguese (RCCTE) and Spanish (CTE) regulations and tries to expose the main differences in the buildings' certification processes in these countries.

Key-words: RCCTE; CTE; EPBD; Energy efficiency.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. MOTIVAÇÃO E ENQUADRAMENTO DO TEMA	1
1.2. OBJECTIVO	2
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	2
2. ESTADO DO CONHECIMENTO	5
2.1. ENQUADRAMENTO	5
2.2. ENERGIAS RENOVÁVEIS	7
2.3. EQUIPAMENTOS INSTALADOS	9
2.4. COMPARAÇÃO DE REGULAMENTOS DE CONSTRUÇÃO	9
2.4.1. Comparação de valores de U nos países da OCDE	12
2.5. PADRÕES DE BAIXO CONSUMO ENERGÉTICO	12
2.5.1. Edifício de baixo consumo energético (Low Energy Buildings)	13
2.5.2. Casa passiva (Passive House)	13
2.5.3. Edifícios de balanço energético nulo (Zero Energy Buildings)	15
3. CASO DE ESTUDO SEGUNDO O RCCTE	17
3.1. A IMPORTÂNCIA DO RCCTE	17
3.2. ÍNDICES E PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO	19
3.3. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO EM ESTUDO	19
3.3.1. Identificação da envolvente exterior e interior	23
3.3.2. Levantamento dimensional	23
3.3.3. Determinação do coeficiente de redução de perdas térmicas para locais não aquecidos (τ)	25
3.4. CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS	26
3.4.1. Envolvente exterior opaca	27
3.4.1.1. Solução construtiva 1	28
3.4.1.2. Solução construtiva 2	28
3.4.1.3. Solução construtiva 3	29
3.4.2. Envolvente interior opaca	30
3.4.2.1. Soluções construtivas 1 e 2	31
3.4.2.2. Solução construtiva 3	33
3.4.3. Pavimentos	33
3.4.4. Cobertura	34
3.4.5. Envidraçados e caixas de estores	35
3.5. ZONAMENTO CLIMÁTICO	36
3.5.1. Zona 1	38
3.5.1.1. Dados climáticos	38
3.5.2. Zona 2	38
3.5.2.1. Dados climáticos	38
3.6. VERIFICAÇÃO DOS REQUISITOS MÍNIMOS DE QUALIDADE TÉRMICA	39
3.7. PARÂMETROS UTILIZADOS NOS CÁLCULOS DOS ÍNDICES N_0	49
3.7.1. Factor de forma	49
3.7.2. Inércia térmica	50
3.7.3. Coeficiente de transmissão térmica linear (ψ)	51
3.7.4. Ventilação – Taxa de renovação horária nominal (R_{ph})	52
3.7.5. Factores solares F_0 e g_{\perp}	54
3.8. CÁLCULO DAS NECESSIDADES DE ENERGIA	60
3.8.1. Método de cálculo das necessidades de aquecimento (N_{ic})	60
3.8.1.1. Perdas de calor por condução através da envolvente (Q_t)	61
3.8.1.2. Perdas de calor resultantes da renovação de ar (Q_v)	65
3.8.1.3. Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento (Q_{gu})	65
3.8.2. Método de cálculo das necessidades de arrefecimento (N_{vc})	69

3.8.2.1.	Cargas através da envolvente opaca exterior (ganhos e perdas) (Q_{opaco})	71
3.8.2.2.	Ganhos solares através dos vãos envidraçados (Q_s)	73
3.8.2.3.	Perdas devido à renovação de ar (Q_v).....	74
3.8.2.4.	Cargas internas (Q_i)	75
3.8.3.	Método de cálculo das necessidades de energia para preparação da AQS (N_{ac})	75
3.8.4.	Necessidades globais de energia primária (N_{ic}).....	77
3.9.	LIMITAÇÃO DAS NECESSIDADES NOMINAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA	79
3.9.1.	Valores limites das necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_i)	79
3.9.2.	Valores limites das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N_v).....	80
3.9.3.	Valores limites das necessidades de energia para preparação das AQS (N_a)	80
3.9.4.	Valor máximo admissível de necessidades nominais globais de energia primária (N_i)	81
3.10.	CLASSE ENERGÉTICA	81
4.	CASO DE ESTUDO SEGUNDO O CTE.....	83
4.1.	A IMPORTÂNCIA DO CTE	83
4.2.	LIMITAÇÃO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA (HE 1)	85
4.2.1.	Levantamento dimensional	85
4.2.2.	Caracterização e quantificação das exigências	87
4.2.2.1.	Zonamento climático	87
4.2.2.2.	Coefficientes de transmissão térmica máximos	88
4.2.2.3.	Valores limite dos coeficientes de transmissão térmica médios	89
4.2.3.	Coefficiente de transmissão térmica de vãos envidraçados	91
4.2.4.	Factor solar modificado dos vãos envidraçados	92
4.2.5.	Limitação das condensações	94
4.2.5.1.	Condensações superficiais.....	95
4.2.5.2.	Condensações internas.....	98
4.2.6.	Permeabilidade ao ar	106
4.3.	RENDIMENTO DOS SISTEMAS TÉRMICOS (HE 2)	106
4.4.	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO (HE 3)	107
4.4.1.	Cálculo do valor de eficiência energética do sistema de iluminação	108
4.4.2.	Sistemas de controlo e regulação	109
4.5.	CONTRIBUIÇÃO SOLAR MÍNIMA PARA O FORNECIMENTO DE ÁGUA QUENTE (HE 4)	112
4.5.1.	Contribuição solar mínima	113
4.5.1.1.	Cálculo das perdas por orientação e inclinação	113
4.5.1.2.	Cálculo das perdas por sombreamento	115
4.5.2.	Cálculo da exigência de AQS.....	117
4.5.3.	Zonamento climático.....	118
5.	ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS DOIS REGULAMENTOS	
(RCCTE E CTE)	119	
5.1.	METODOLOGIA E ALTERAÇÕES EFECTUADAS NO CASO DE ESTUDO.....	119
5.2.	ZONA 1	120
5.2.1.	Coefficiente de transmissão térmica.....	120
5.2.2.	Necessidades de energia de aquecimento e arrefecimento	124
5.2.3.	Condensações interiores.....	127
5.3.	ZONA 2	130
5.3.1.	Coefficiente de transmissão térmica.....	130
5.3.2.	Necessidades de energia de aquecimento e arrefecimento	134
5.3.3.	Condensações interiores.....	138
6.	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA DESENVOLVIMENTOS	
FUTUROS.....	141	
6.1.	PRINCIPAIS CONCLUSÕES	141
6.2.	DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	142

7. BIBLIOGRAFIA	143
8. ANEXOS	147
8.1. ANEXO I.....	149
8.2. ANEXO II	173
8.3. ANEXO III.....	593

Índice de quadros

Quadro 3.1 – Levantamento dimensional da envolvente exterior do piso 1	23
Quadro 3.2 – Levantamento dimensional da envolvente interior do piso 1	24
Quadro 3.3 – Levantamento dimensional da envolvente exterior do piso 3	24
Quadro 3.4 – Levantamento dimensional da envolvente interior do piso 3	24
Quadro 3.5 – Levantamento dimensional da envolvente exterior do piso 4	24
Quadro 3.6 – Levantamento dimensional da envolvente interior do piso 4	25
Quadro 3.7 – Cálculo do coeficiente τ	26
Quadro 3.8 – Coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores	28
Quadro 3.9 – Coeficiente de transmissão térmica das pontes térmicas planas das paredes exteriores	28
Quadro 3.10 – Coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores	29
Quadro 3.11 - Coeficiente de transmissão térmica das pontes térmicas planas das paredes exteriores	29
Quadro 3.12 - Coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores	30
Quadro 3.13 - Coeficiente de transmissão térmica das pontes térmicas planas das paredes exteriores	30
Quadro 3.14 – Coeficiente de transmissão térmica da parede interior em contacto com o edifício adjacente.....	31
Quadro 3.15 – Coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana em contacto com o edifício adjacente.....	31
Quadro 3.16 – Coeficiente de transmissão térmica da parede interior em contacto com a zona de circulação comum.....	32
Quadro 3.17 – Coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana em contacto com a zona de circulação comum	32
Quadro 3.18 – Coeficiente de transmissão térmica da envolvente em contacto com a caixa de elevador	32
Quadro 3.19 – Coeficiente de transmissão térmica da parede interior em contacto com o edifício adjacente.....	33

Quadro 3.20 – Coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana em contacto com a zona de circulação comum	33
Quadro 3.21 – Coeficiente de transmissão térmica do pavimento do hall, quartos e sala	34
Quadro 3.22 – Coeficiente de transmissão térmica do pavimento da cozinha e instalações sanitárias.....	34
Quadro 3.23 – Coeficiente de transmissão térmica da cobertura em contacto com o exterior	35
Quadro 3.24 – Coeficiente de transmissão térmica da cobertura em contacto com o interior.	35
Quadro 3.25 - Coeficiente de transmissão térmica da caixa de estore	36
Quadro 3.26 – Localização e dados climáticos da zona 1	38
Quadro 3.27 – Localização e dados climáticos da zona 2.....	39
Quadro 3.28 – Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 1)	40
Quadro 3.29 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 3).....	41
Quadro 3.30 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 4).....	41
Quadro 3.31 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 1).....	42
Quadro 3.32 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 3).....	42
Quadro 3.33 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 4).....	43
Quadro 3.34 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 1).....	43
Quadro 3.35 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 3).....	44
Quadro 3.36 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 4).....	44
Quadro 3.37 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 1).....	45
Quadro 3.38 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 3).....	45
Quadro 3.39 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 4).....	46
Quadro 3.40 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 1).....	46
Quadro 3.41 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 3).....	47
Quadro 3.42 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 4).....	47
Quadro 3.43 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 1).....	48
Quadro 3.44 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 3).....	48

Quadro 3.45 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 4).....	49
Quadro 3.46 – Factores de sombreamento dos envidraçados no Inverno (pisos 1).....	56
Quadro 3.47 - Factores de sombreamento dos envidraçados no Inverno (pisos 3)	57
Quadro 3.48 - Factores de sombreamento dos envidraçados no Inverno (pisos 4)	57
Quadro 3.49 - Factores de sombreamento dos envidraçados no Verão (pisos 1).....	59
Quadro 3.50 - Factores de sombreamento dos envidraçados no Verão (pisos 3).....	59
Quadro 3.51 - Factores de sombreamento dos envidraçados no Verão (pisos 4).....	59
Quadro 3.52 – Limitação das necessidades globais de energia primária	79
Quadro 4.1 - Levantamento dimensional da envolvente exterior do piso 1	86
Quadro 4.2 - Levantamento dimensional da envolvente interior do piso 1	86
Quadro 4.3 - Levantamento dimensional da envolvente exterior do piso 3.....	86
Quadro 4.4 - Levantamento dimensional da envolvente interior do piso 3	87
Quadro 4.5 - Levantamento dimensional da envolvente exterior do piso 4.....	87
Quadro 4.6 - Levantamento dimensional da envolvente interior do piso 4	87
Quadro 4.7 - Síntese da comparação com os valores limite (adaptado) [28].....	90
Quadro 4.8 - Coeficiente de transmissão térmica dos envidraçados do piso 1	91
Quadro 4.9 - Coeficiente de transmissão térmica dos envidraçados do piso 3	91
Quadro 4.10 - Coeficiente de transmissão térmica dos envidraçados do piso 4	91
Quadro 4.11 - Factores de sombreamento dos envidraçados do piso 1	93
Quadro 4.12 - Factor solar modificado dos envidraçados do piso 1	93
Quadro 4.13 - Factores de sombreamento dos envidraçados do piso 3	94
Quadro 4.14 - Factor solar modificado dos envidraçados do piso 3	94
Quadro 4.15 - Factores de sombreamento dos envidraçados do piso 4	94
Quadro 4.16 - Factor solar modificado dos envidraçados do piso 4	94
Quadro 4.17 - Factor de temperatura da superfície interior	97
Quadro 4.18 – Valores necessários à verificação das condensações internas para a zona 1 .	103

Quadro 4.19 – Verificação das condensações internas nas paredes exteriores (solução construtiva 1).....	103
Quadro 4.20 - Verificação das condensações internas nas pontes térmicas planas (solução construtiva 1).....	103
Quadro 4.21 - Verificação das condensações internas nas paredes exteriores (solução construtiva 2).....	103
Quadro 4.22 - Verificação das condensações internas nas pontes térmicas planas (solução construtiva 2).....	103
Quadro 4.23 - Verificação das condensações internas nas paredes exteriores (solução construtiva 3).....	104
Quadro 4.24 - Verificação das condensações internas nas pontes térmicas planas (solução construtiva 3).....	104
Quadro 4.25 - Valores necessários à verificação das condensações internas para a zona 2 ..	104
Quadro 4.26 - Verificação das condensações internas nas paredes exteriores (solução construtiva 1).....	104
Quadro 4.27 - Verificação das condensações internas nas pontes térmicas planas (solução construtiva 1).....	105
Quadro 4.28 - Verificação das condensações internas nas paredes exteriores (solução construtiva 2).....	105
Quadro 4.29 - Verificação das condensações internas nas pontes térmicas planas (solução construtiva 2).....	105
Quadro 4.30 - Verificação das condensações internas nas paredes exteriores (solução construtiva 3).....	105
Quadro 4.31 - Verificação das condensações internas nas pontes térmicas planas (solução construtiva 3).....	105
Quadro 4.32 – Número convencional de ocupantes em função da tipologia da fracção autónoma (adaptado) [28]	118
Quadro 9.1 – Massa útil dos elementos da solução construtiva 1 (piso 1)	150
Quadro 9.2 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 1 (piso 1)	151
Quadro 9.3 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 1 (piso 3)	151
Quadro 9.4 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 1 (piso 3)	152
Quadro 9.5 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 1 (piso 4)	152

Quadro 9.6 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 1 (pisos 4)	153
Quadro 9.7 – Inércia térmica da solução construtiva 1 (pisos 1).....	154
Quadro 9.8 - Inércia térmica da solução construtiva 1 (pisos 3)	155
Quadro 9.9 - Inércia térmica da solução construtiva 1 (pisos 4)	156
Quadro 9.10 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 2 (pisos 1)	157
Quadro 9.11 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 2 (pisos 1)	158
Quadro 9.12 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 2 (pisos 3)	158
Quadro 9.13 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 2 (pisos 3)	159
Quadro 9.14 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 2 (pisos 4)	159
Quadro 9.15 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 2 (pisos 4)	160
Quadro 9.16 - Inércia térmica da solução construtiva 2 (pisos 1)	161
Quadro 9.17 - Inércia térmica da solução construtiva 2 (pisos 3)	162
Quadro 9.18 - Inércia térmica da solução construtiva 2 (pisos 4)	163
Quadro 9.19 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 3 (pisos 1)	164
Quadro 9.20 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 3 (pisos 1)	165
Quadro 9.21 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 3 (pisos 3)	165
Quadro 9.22 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 3 (pisos 3)	166
Quadro 9.23 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 3 (pisos 4)	167
Quadro 9.24 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 3 (pisos 4)	168
Quadro 9.25 - Inércia térmica da solução construtiva 3 (pisos 1)	169
Quadro 9.26 - Inércia térmica da solução construtiva 3 (pisos 3)	170
Quadro 9.27 - Inércia térmica da solução construtiva 3 (pisos 4)	171

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Utilização de energia nos edifícios residenciais (adaptado) [3]	5
Figura 2.2 – Custos adicionais e poupança nas casas passivas (adaptado) [3]	14
Figura 3.1 – Planta do piso 1	21
Figura 3.2 – Planta do piso 3	22
Figura 3.3 – Planta do piso 4	22
Figura 3.4 – Zonamento climático [21]	37
Figura 3.5 – Ângulo de horizonte (α) [14]	55
Figura 3.6 – Ângulo da pala horizontal (α) - Secção vertical [14]	56
Figura 3.7 – Ângulo da pala vertical (β) - Secção horizontal [14]	56
Figura 3.8 – Factor de utilização dos ganhos térmicos η em função do γ e da classe de inércia térmica [14]	68
Figura 3.9 – Classes energéticas e respectivas etiquetas (adaptado) [18]	82
Figura 4.1 - Zonas Climáticas (adaptada) [28]	88
Figura 4.2 – Factor de sombreamento para obstáculos da fachada: Palas (<i>Voladizo</i>) [28]	92
Figura 4.3 – Factor de sombreamento para obstáculos da fachada: Vão envidraçado (<i>Retranqueo</i>) [28]	93
Figura 4.4 – Valores do factor de temperatura superficial para a zona 1	97
Figura 4.5 - Valores do factor de temperatura superficial para a zona 2	98
Figura 4.6 - Ângulo (θ) (adaptado) [28]	110
Figura 4.7 – Sombreamento para pátios não cobertos (adaptado) [28]	111
Figura 4.8 – Sombreamento para pátios cobertos (adaptado) [28]	111
Figura 4.9 – Orientação e inclinação dos módulos (adaptado) [28]	114
Figura 4.10 – Percentagem de energia relativamente ao máximo devido às perdas por orientação e inclinação (adaptado) [28]	115
Figura 4.11 – Diagrama das trajectórias do Sol (adaptado) [28]	117

Figura 5.1 – Coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores	120
Figura 5.2 - Coeficiente de transmissão térmica das pontes térmicas planas exteriores.....	121
Figura 5.3 - Coeficiente de transmissão térmica das paredes interiores em contacto com espaços não aquecidos.....	121
Figura 5.4 - Coeficiente de transmissão térmica das pontes térmicas planas em contacto com espaços não aquecidos.....	122
Figura 5.5 - Coeficiente de transmissão térmica dos pavimentos	122
Figura 5.6 - Coeficiente de transmissão térmica da cobertura em contacto com o exterior ..	123
Figura 5.7 - Coeficiente de transmissão térmica da cobertura em contacto com o interior ...	123
Figura 5.8 – Necessidades de aquecimento e arrefecimento do piso 1	124
Figura 5.9 - Necessidades de aquecimento e arrefecimento do piso 3.....	125
Figura 5.10 - Necessidades de aquecimento e arrefecimento do piso 4.....	126
Figura 5.11 – Verificação das condensações interiores para as paredes exteriores	127
Figura 5.12 - Verificação das condensações interiores para as pontes térmicas planas.....	128
Figura 5.13 - Verificação das condensações interiores para as paredes exteriores.....	128
Figura 5.14 - Verificação das condensações interiores para as pontes térmicas planas.....	129
Figura 5.15 - Verificação das condensações interiores para as paredes exteriores.....	129
Figura 5.16 - Verificação das condensações interiores para as pontes térmicas planas.....	130
Figura 5.17 - Coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores.....	131
Figura 5.18 - Coeficiente de transmissão térmica das pontes térmicas planas exteriores.....	131
Figura 5.19 - Coeficiente de transmissão térmica das paredes interiores em contacto com espaços não aquecidos.....	132
Figura 5.20 - Coeficiente de transmissão térmica das pontes térmicas planas em contacto com espaços não aquecidos.....	132
Figura 5.21 - Coeficiente de transmissão térmica dos pavimentos	133
Figura 5.22 - Coeficiente de transmissão térmica da cobertura em contacto com o exterior	133
Figura 5.23 - Coeficiente de transmissão térmica da cobertura em contacto com o interior .	133
Figura 5.24 - Necessidades de aquecimento e arrefecimento do piso 1	134

Figura 5.25 - Necessidades de aquecimento e arrefecimento do piso 3.....	135
Figura 5.26 - Necessidades de aquecimento e arrefecimento do piso 4.....	137
Figura 5.27 - Verificação das condensações interiores para as paredes exteriores.....	138
Figura 5.28 - Verificação das condensações interiores para as pontes térmicas planas.....	138
Figura 5.29 - Verificação das condensações interiores para as paredes exteriores.....	139
Figura 5.30 - Verificação das condensações interiores para as pontes térmicas planas.....	139
Figura 5.31 - Verificação das condensações interiores para as paredes exteriores.....	140
Figura 5.32 - Verificação das condensações interiores para as pontes térmicas planas.....	140

Simbologia

A – Área do elemento

A_{ext} – Área dos elementos da envolvente exterior

A_i – Área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil

A_{int} – Área dos elementos da envolvente interior

A_p – Área útil de pavimento

A_u – Área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior

A_w – Área de envidraçado

B – Desenvolvimento linear

C_p – Calor específico do ar

$D(T)$ – Exigência de AQS anual à temperatura T

$D_i(T)$ – Exigência de AQS para o mês i à temperatura T

E_m – iluminação média mantida

E_{ren} – Contribuição de quaisquer outras formas de energia renováveis para a preparação de AQS, bem como de quaisquer formas de recuperação de calor de equipamentos ou de fluidos residuais

E_{solar} – Contribuição de sistemas colectores solares para o aquecimento de AQS

FF – Factor de Forma

F_f – Factor de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado

F_g – Factor da fracção envidraçada

F_h – Factor de sombreamento do horizonte por obstruções longínquas exteriores ao edifício

F_H – Factor solar modificado de vãos envidraçados

$F_{H\text{lim}}$ – Factor solar limite de vãos envidraçados

F_{Hm} – Factor solar modificado médio de vãos envidraçados

F_L – Factor solar modificado de clarabóias

$F_{L\text{lim}}$ – Factor solar limite de clarabóias

F_{Lm} – Factor solar modificado médio de clarabóias

FM – Fracção do vão envidraçado ocupada pela caixilharia

F_o – Factor de sombreamento por elementos horizontais sobrepostos ao envidraçado

F_{pua} – Factor de conversão de energia útil para energia primária de preparação de AQS

F_{pui} – Factor de conversão de energia útil para energia primária de aquecimento

F_{puv} – Factor de conversão de energia útil para energia primária de arrefecimento

F_R – Factor de sombreamento para obstáculos da fachada: Vão envidraçado (*Retranqueo*)

f_{Rsi} – Factor de temperatura superficial

$f_{Rsi,min}$ – Factor mínimo de temperatura superficial
 F_s – Factor de obstrução
 F_v – Factor de sombreamento para obstáculos da fachada: Palas (*Voladizo*)
 F_w – Factor de correcção da selectividade angular dos envidraçados
 G – Intensidade de radiação solar instantânea incidente em cada orientação
 G_{sul} – Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a Sul na estação de aquecimento
 g_{\perp} – Factor solar dos vãos envidraçados
 g_{\perp_v} – Factor solar do vidro
 g'_{\perp} – Factor solar do vão envidraçado com a protecção solar móvel activada
 h_e – Condutância térmica superficial exterior do elemento da envolvente
 I_r – Intensidade média da radiação solar para a estação convencional de arrefecimento
 I_t – Massa superficial útil por metro quadrado de área útil de pavimento
 K – Índice do local
 L_{pe} – Perdas unitárias de calor, por grau centígrado de diferença de temperatura entre os ambientes interior e exterior, através de elementos de construção em contacto com o terreno
 L_{pt} – Perdas de calor lineares unitárias, por grau centígrado de diferença de temperatura entre os ambientes interior e exterior, através das pontes térmicas
 M – Duração média da estação convencional de aquecimento
 M_{AQS} – Consumo médio diário de referência de AQS
 m_i – Massa do pano interior (do isolamento para o interior)
 m_{pt} – Massa do pano interior da parede (do isolamento para o interior)
 M_{si} – Massa superficial útil
 m_t – Massa total do elemento (do isolamento para o interior)
 N_a – Valor limite das necessidades nominais de energia para preparação de AQS
 N_{ac} – Necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitárias
 n_d – Número anual de dias de consumo de AQS
 N_i – Valor limite das necessidades nominais de energia útil para aquecimento
 N_{ic} – Necessidades de aquecimento
 N_t – Valor limite das necessidades nominais globais de energia primária
 N_{tc} – Necessidades globais de energia primária
 N_v – Valor limite das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento
 N_{vc} – Necessidades de arrefecimento
 P – Potência da lâmpada e do equipamento auxiliar
 P_d – Pé direito

P_e – Pressão de vapor do ar exterior
 P_i – Pressão de vapor do ar interior
 P_{sat} – Pressão de saturação de vapor
 Q_a – Energia útil despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS
 Q_{ar-Sol} – Ganhos solares através da envolvente opaca devidos à incidência da radiação solar
 Q_{ext} – Perdas de calor pelas zonas correntes em contacto com o exterior
 Q_g – Ganhos térmicos brutos
 Q_{gu} – Ganhos de calor úteis
 q_i – Ganhos térmicos internos médios por unidade de área útil de pavimento
 Q_i – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor
 Q_{lna} – Perdas de calor pelas zonas correntes em contacto com locais não aquecidos
 Q_{opaco} – Cargas através da envolvente opaca exterior
 Q_{pe} – Perdas de calor pelos pavimentos e paredes em contacto com o solo
 Q_{pt} – Perdas de calor pelas pontes térmicas lineares existentes no edifício
 Q_s – Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar
 Q_t – Perdas de calor por condução através da envolvente
 Q_v – Perdas de calor resultantes da renovação de ar
 R – Resistência térmica
 R_a – Índice de rendimento de cor
 r_i – Coeficiente de redução
 R_{ph} – Taxa de renovação horária nominal
 R_{se} – Resistência térmica superficial exterior
 R_{si} – Resistência térmica superficial interior
 S – Superfície iluminada
 S_{dn} – Espessura de ar equivalente de cada camada em relação à difusão de vapor de água
 S_i – Área da superfície interior
 T – Coeficiente de transmissão de luz do envidraçado
 $T(D(T))$ – Temperatura final no acumulador
 T_c – Coeficiente de transmissão de luz do envidraçado que cobre o pátio
 T_i – Temperatura média de água fria no mês i
 U – Coeficiente de transmissão térmica
 U_C – Transmissão térmica da cobertura
 U_{Clim} – Transmissão térmica limite das coberturas
 U_{Cm} – Transmissão térmica média das coberturas
 UGR – índice de claridade

U_H – Transmissão térmica de vãos envidraçados
 U_{Hlim} – Transmissão térmica limite de vãos envidraçados
 U_{Hm} – Transmissão térmica média de vãos envidraçados
 $U_{H,M}$ – Transmissão térmica da caixilharia
 $U_{H,V}$ – Transmissão térmica da parte semitransparente do vão envidraçado
 U_M – Transmissão térmica de paredes exteriores
 U_{MD} – Transmissão térmica de paredes em contacto com edifícios adjacentes
 U_{Mlim} – Transmissão térmica limite das paredes
 U_{Mm} – Transmissão térmica média das paredes exteriores
 U_S – Transmissão térmica de pavimentos
 U_{Slim} – Transmissão térmica limite de pavimentos
 U_{Sm} – Transmissão térmica média dos pavimentos
 U_T – Transmissão térmica de paredes em contacto com o terreno
 U_{Tm} – Transmissão térmica média das paredes em contacto com o solo
 U_{wdn} – Coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite
 V – Volume
 X_j – Factor de orientação
 $\alpha (F_o)$ – Ângulo de incidência da radiação solar
 $\alpha (F_h)$ – Ângulo de horizonte
 $\alpha (F_H)$ – Coeficiente de absorvência da caixilharia
 α (Perdas) – Ângulo de azimute
 $\alpha (Q_{opaco})$ – Coeficiente de absorção, para a radiação solar, da superfície exterior da parede
 $\beta (F_f)$ – Ângulo de incidência da radiação solar
 β (Perdas) – Ângulo de inclinação
 β_{opt} (Perdas) – Ângulo de inclinação óptimo
 γ – Relação entre os ganhos totais brutos e as perdas térmicas totais
 ΔT – Aumento de temperatura necessário para preparar as AQS
 η – Factor de utilização dos ganhos térmicos
 η_a – Eficiência de conversão dos sistemas de preparação de AQS a partir da fonte primária de energia
 η_i – Eficiência nominal dos equipamentos para aquecimento
 η_v – Eficiência nominal dos equipamentos para arrefecimento
 θ_a – Temperatura do ar do local não aquecido
 θ_{ar-Sol} – Temperatura ar-Sol
 θ_{atm} – Temperatura média do ar exterior na estação de aquecimento

θ_e – Temperatura do ar exterior

θ_i – Temperatura do ar no interior do edifício

θ_m – Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento

θ_n – Temperatura em cada camada

θ_{se} – Temperatura superficial exterior

λ - Condutibilidade térmica

μ – Factor de resistência à difusão do vapor de água

ρ – Massa volúmica

τ – Coeficiente de redução de perdas térmicas para locais não aquecidos

ϕ – Latitude

ϕ_e – Humidade relativa do ambiente exterior

ϕ_i – Humidade relativa do ambiente interior

ψ – Coeficiente de transmissão térmica linear

Notações

ADENE – Agência para a Energia
AQS – Água Quente Sanitária
ASHRAE – *American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineering*
CO₂ – Dióxido de carbono
COP – *Coefficient Of Performance*
CTE – *Código Técnico de la Edificación*
DB – *Documento Básico*
DGEG – Direcção Geral de Energia e Geologia
DIT – *Documentos de Idoneidad Técnica*
DL – Decreto-Lei
EPBD – *Energy Performance of Buildings Directive*
EPS – Poliestireno expandido moldado
ETICS – *External Thermal Insulation Composite Systems*
EUA – Estados Unidos da América
GD – Graus-Dias
GPL – Gás de Petróleo Liquefeito
HVAC – *Heating, Ventilating and Air Conditioning*
IEA – *International Energy Agency*
IECC – *International Energy Conservation Code for residential buildings*
INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação
ISO – *International Organization for Standardization*
LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia
LOE – *Ley de Ordenación de la Edificación*
MV - *Ministério de la Vivienda*
NBE – *Normas Básicas de la Edificación*
NP – Norma Portuguesa
NTE – *Normas Tecnológicas de la Edificación*
OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RD – *Real Decreto*
RITE – *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios*
RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios

SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios

SHE – *Soluciones Homologadas de la Edificación*

UE – União Europeia

VEEI – *Valor de Eficiencia Energética de la Instalación*

1. Introdução

1.1. Motivação e enquadramento do tema

O sector da construção sempre se encontrou presente nas diversas culturas mundiais ao longo dos séculos, apesar dos conhecimentos existentes na área da térmica de edifícios não estarem muito enraizados na sociedade. Este sector, além de constituir uma das actividades humanas com maior impacto no meio ambiente, apresenta ainda um elevado consumo energético.

Com o desenvolvimento da tecnologia apareceram novos materiais de construção e foram desenvolvidas novas técnicas de construção e, conseqüentemente, houve um aumento das exigências de conforto térmico no interior das habitações de modo a proporcionar uma melhor qualidade de vida. O aumento das exigências de conforto interior nas habitações levou a um aumento da potência dos equipamentos de climatização (aquecimento e arrefecimento), originando assim um aumento do consumo energético. Deste modo, o conforto térmico passou a ser uma condição essencial para o bem-estar dos ocupantes de um edifício, sendo assim importante o seu estudo. A energia despendida com o conforto térmico representa uma percentagem cada vez maior do consumo energético global, devido a uma maior exigência de qualidade e a uma melhoria do nível de vida das populações.

No entanto, com o agravamento do aquecimento global e a previsão de esgotamento dos recursos naturais surgiu uma maior consciencialização da população em relação às preocupações ambientais e houve um aumento da preocupação com os consumos energéticos. Deste modo, tentou-se proporcionar um nível de conforto térmico semelhante aos ocupantes sem gastos excessivos de energia. Uma opção para reduzir o consumo energético é a utilização de soluções construtivas que aproveitem as condições ambientais de modo a reduzir a necessidade de sistemas de climatização. Assim, a térmica de edifícios ganhou uma importância primordial na construção, tal como os regulamentos relativos a esse tema que introduzem limites para as necessidades energéticas. É necessário tentar integrar soluções sustentáveis nos edifícios, através da utilização de sistemas que utilizem energia renovável, pelo menos para a preparação de águas quentes sanitárias, melhorando assim o seu desempenho energético.

Com o intuito de combater estes problemas, a maioria dos países Europeus introduziu regulamentos térmicos no sector da construção com o objectivo de reduzir o consumo energético na sequência das medidas decretadas pela proposta de reformulação da directi-

va relativa ao desempenho energético dos edifícios (EPBD – *Energy Performance of Buildings Directive*). Esta directiva sugere que os Estados Membros da União Europeia direccionem os regulamentos nacionais para promover a aceitação de edifícios de baixo consumo energético [1].

A presente dissertação consiste em estudar e comparar os edifícios de acordo com as exigências dos regulamento português (RCCTE) e espanhol (CTE), de modo a tentar perceber as principais diferenças entre os dois regulamentos.

1.2. Objectivo

O desenvolvimento desta dissertação visa avaliar e comparar o comportamento térmico das soluções construtivas e consequentemente dos edifícios em Portugal e Espanha, de modo a tentar identificar quais as melhores soluções para cada zona dos respectivos países. Para tal, recorre-se ao estudo do edifício através do respectivo regulamento legislativo em vigor (RCCTE e CTE, respectivamente) nos países em estudo.

Os resultados obtidos através dos dois regulamentos são analisados e comparados do ponto de vista das necessidades energéticas e dos coeficientes de transmissão térmica. Deste modo, será possível assinalar as soluções que apresentam um melhor comportamento térmico e as que não são exequíveis segundo cada um dos regulamentos, dependendo da zona climática onde se inserem.

1.3. Estrutura do trabalho

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos de acordo com o exposto de seguida.

No primeiro capítulo é realizada uma abordagem introdutória do presente estudo, fazendo um enquadramento do tema, definindo-se os objectivos pretendidos e a estrutura do trabalho.

O segundo capítulo é dedicado à revisão histórica da térmica de edifícios, onde é abordado o tema da eficiência energética que os edifícios deveriam ter e das medidas a tomar para atingir esse objectivo. São ainda referidos métodos utilizados para a comparação de regulamentos e são abordados alguns exemplos de edifícios de baixo consumo energético e as respectivas definições.

O terceiro capítulo baseia-se no estudo do RCCTE, procedendo-se à descrição do edifício em estudo e das soluções construtivas utilizadas, verificando-se os requisitos míni-

mos de qualidade térmica, calculando os parâmetros utilizados para o cálculo dos índices N_0 , calculando as necessidades de energia e a respectivas limitações das necessidades globais de energia primária.

O quarto capítulo aborda o estudo do CTE, procedendo-se à verificação da limitação das exigências energéticas, do rendimento dos sistemas térmicos, da eficiência energética dos sistemas de iluminação e à contribuição solar mínima para o fornecimento de AQS.

No quinto capítulo são expostos e comparados os resultados obtidos através do estudo dos dois regulamentos (RCCTE e CTE) e apresenta-se uma comparação dos mesmos, tal como uma análise do comportamento térmico dos edifícios em função das soluções construtivas adoptadas.

Por fim, no sexto capítulo apresentam-se as principais conclusões obtidas através da realização desta dissertação e são abordados os desenvolvimentos futuros.

2. Estado do conhecimento

2.1. Enquadramento

O grande desenvolvimento económico existente a nível global nas últimas décadas não foi benéfico para o meio ambiente, pois provocou grandes emissões de poluentes, levou a graves alterações climáticas devido ao efeito de estufa e levou também ao quase esgotamento de alguns recursos. A expansão deste sector provocou um aumento do seu consumo de energia. É assim fundamental a adopção de uma atitude em que se incentive melhorar a qualidade da construção, tornando-a mais eficiente energeticamente, através de um desenvolvimento mais sustentável e, conseqüentemente, com uma diminuição do consumo de energia e utilização de energia proveniente de fontes renováveis¹.

Os edifícios têm um impacto significativo no consumo de energia e no ambiente. De notar, que o sector da construção é um dos sectores económicos mais importantes e com mais impacto na sociedade e que introduz valores culturais e ambientais envolvidos no património arquitectónico.

Os edifícios residenciais e de comércio utilizam quase 40% da energia primária² e cerca de 70% da electricidade utilizada na União Europeia. Em sectores como o residencial e o do comércio a maior parte do consumo de energia é efectuado nos edifícios, o que inclui a energia utilizada para a climatização dos locais, ventilação, preparação de AQS, funcionamento dos equipamentos, iluminação, entre outros. O consumo de energia nos edifícios constitui uma grande parte do consumo mundial de energia [2].

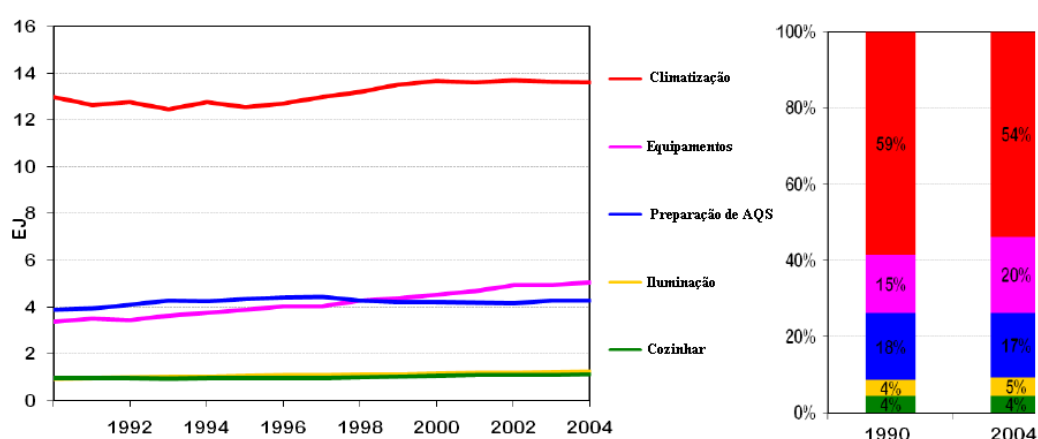


Figura 2.1 – Utilização de energia nos edifícios residenciais (adaptado) [3]

¹ Energia proveniente de fontes de energia não fósseis renováveis, nomeadamente eólica, solar, geotérmica, hídrica, entre outras [18]

² Energia proveniente de fontes renováveis e não renováveis que não passou por um processo de conversão ou transformação [2]

A eficiência energética dos edifícios influencia o consumo de energia durante toda a sua vida útil. As melhorias de eficiência energética devem ser estudadas e efectuadas logo na fase de projecto, pois após a construção tornam-se mais complicadas e podem ter custos mais elevados. A orientação e forma do edifício, a orientação dos vãos envidraçados e os materiais a utilizar na construção são decisões que devem ser estudadas na fase de projecto e permitem melhorar a eficiência do edifício. Ao serem efectuadas na fase de projecto há a possibilidade das melhorias serem apenas um aumento da espessura do isolamento térmico ou da eficiência energética dos equipamentos, não provocando assim custos adicionais muito elevados e possibilitando ainda a redução das necessidades de aquecimento e arrefecimento. Nos edifícios já construídos estas alterações podem ser efectuadas quando for necessário proceder a uma manutenção mais geral, possibilitando assim melhorar a sua eficiência energética apesar do custo poder ser bastante mais elevado [3].

Os regulamentos relativos à térmica dos edifícios podem estabelecer requisitos mínimos obrigatórios de modo a garantir uma preocupação com a eficiência energética ainda na fase de projecto. Antigamente, os regulamentos não tinham grandes requisitos térmicos, sendo que as espessuras deficientes de isolamento térmico utilizadas facilitavam as infiltrações de ar e humidades, podendo provocar problemas de saúde. O aumento do nível de conforto no interior das habitações provocou algumas alterações nos regulamentos, possibilitando um aumento do padrão de vida. Actualmente a maior parte dos países da OCDE possuem regulamentos que obrigam os edifícios a obedecer a níveis mínimos de eficiência energética. Houve uma grande colaboração para desenvolver regulamentos de eficiência energética internacionais. De notar, os exemplos dos regulamentos dos Estados Unidos da América (IECC e ASHRAE) que são utilizados não só nos EUA como também no Canadá e também da directiva europeia de desempenho energético dos edifícios (EPBD) que impõe que os Estados Membros da União Europeia (UE) estabeleçam requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios e dos elementos construtivos. Estes requisitos devem tentar encontrar um equilíbrio em termos de rentabilidade entre os investimentos efectuados e os custos de energia economizados ao longo da vida útil do edifício [3][4].

Quando os edifícios são projectados e construídos, a eficiência energética é apenas mais uma preocupação entre as outras, algumas consideradas de maior importância, como a estrutura, segurança contra incêndios ou até a vista pelas janelas. Muitas vezes a eficiência energética encontra-se num nível mais baixo na lista de prioridades. As pessoas envolvidas nos projectos e mesmo na construção tendem a focar-se nos custos de construção,

sem grande preocupação dos custos de funcionamento futuros, incluindo os de energia. Assim, é necessário aumentar a consciência sobre a eficiência energética e as possibilidades de melhorias na construção. Algumas das medidas utilizadas nas soluções mais eficientes necessitam de equipamento ou conhecimentos específicos que podem não se encontrar disponíveis tão facilmente. A falta de capacidade, os possíveis atrasos na entrega, as horas extras necessárias a pagar a um especialista, o investimento na formação, são algumas das razões que podem suscitar o desinteresse nessas soluções [3].

A existência de regulamentos de construção é muitas vezes interpretada como garantia da eficiência dos edifícios, mas os requisitos impostos nos regulamentos raramente representam uma eficiência ideal. Os valores impostos nos regulamentos costumam ser o nível que os novos edifícios apresentam e não o mínimo que deveriam apresentar, pois os construtores raramente excedem esses padrões de eficiência devido à possibilidade de existir um aumento dos custos. Deveriam ser efectuados incentivos para garantir uma maior eficiência energética nos novos edifícios de modo aos valores dos regulamentos não serem apenas uma meta a atingir [3].

A envolvente do edifício foi a primeira zona a ter requisitos de eficiência energética, sendo nos dias de hoje uma parte essencial de praticamente todos os regulamentos de eficiência energética. Os requisitos para a envolvente exterior são geralmente fixados com base na resistência térmica (R) ou no coeficiente de transmissão térmica (U) [3].

Os sistemas *HVAC* mantêm uma temperatura de conforto no interior dos edifícios através de aquecimento, ventilação e arrefecimento (ar condicionado), mas por outro lado influenciam bastante o consumo de energia dos edifícios. Existe portanto uma relação inversa entre a eficiência do edifício e as necessidades de utilização de sistemas *HVAC*. Assim, as envolventes eficientes termicamente reduzem as necessidades de aquecimento e arrefecimento. O aumento de eficiência pode conduzir a poupanças elevadas de energia [3].

2.2. Energias renováveis

A utilização de fontes de energia renováveis tanto pode ser através de sistemas passivos como activos. Nos sistemas passivos a energia renovável é utilizada para evitar as necessidades de aquecimento ou arrefecimento, enquanto nos sistemas activos a energia proveniente, por exemplo do Sol ou do vento, é transformada em electricidade, energia de aquecimento ou de arrefecimento e transportada para os sistemas onde será posteriormente

utilizada. Com o aumento das exigências relativamente ao consumo de energia, estas fontes tornam-se importantes no desempenho energético dos edifícios [3].

Num edifício aquecido por energia solar passiva, os vãos envidraçados devem ser orientados de forma a otimizar a captação da luz solar. No caso de os edifícios serem energeticamente eficazes a energia solar passiva pode fornecer uma parte substancial das necessidades de aquecimento, mesmo em climas frios. Devido à variação da exposição solar ao longo de um dia e mesmo ao longo de um ano, os edifícios devem ter a capacidade de armazenar energia solar [3].

Nos sistemas de arrefecimento passivo os recursos como a água ou o solo podem ser utilizados com o objectivo de reduzir as necessidades de arrefecimento do edifício. Os sistemas de arrefecimento passivo podem utilizar o facto de a temperatura ser geralmente mais baixa durante a noite. Nos sistemas de ventilação natural ou passiva são utilizadas diferentes opções de modo a evitar os sistemas de ventilação activa. A ventilação natural é utilizada frequentemente em pequenos edifícios residenciais e esses edifícios são construídos sem ou para uma utilização muito limitada de ventilação mecânica. Para edifícios maiores, principalmente os edifícios de serviços, a utilização de sistemas de ventilação natural requer um estudo mais aprofundado na fase de projecto. De notar, que o arrefecimento passivo e a ventilação permitem reduzir substancialmente o consumo de energia [3].

Nos sistemas activos de energia renovável, a energia proveniente de fontes renováveis é transformada em energia de aquecimento, arrefecimento ou electricidade e utilizada como fonte de energia. Os painéis solares são um dos sistemas de energia renovável mais utilizados em edifícios, sendo que nestes sistemas a água é aquecida pelo calor solar e armazenada até ser utilizada. Existem outros sistemas semelhantes também utilizados para o aquecimento da água, mas necessitam de um sistema de armazenamento, podendo este armazenamento ser por vezes de uma estação para a outra, o que implica um sistema de armazenamento relativamente grande. Os sistemas fotovoltaicos são outro exemplo de sistemas activos de energia solar utilizados em edifícios. Nestes sistemas a energia solar é transformada em electricidade e utilizada para as necessidades do edifício, existindo a possibilidade de transformar a energia solar e ser utilizada directamente como fonte de arrefecimento. Geralmente estes sistemas exigem pouco armazenamento, pois produzem mais electricidade na época que as necessidades de arrefecimento são mais elevadas [3].

2.3. Equipamentos instalados

Os aparelhos instalados no edifício também influenciam o seu desempenho energético, não só pela energia utilizada também como pela produção de calor que tanto pode conduzir a uma diminuição das necessidades de aquecimento como a um aumento das necessidades de arrefecimento [5][6].

A utilização de sistemas de iluminação, especialmente durante o dia, depende essencialmente do tamanho e localização dos vãos envidraçados, pois vão influenciar a quantidade de luz natural presente na fracção autónoma. Os sistemas de iluminação e os restantes equipamentos produzem calor na forma de desperdício de energia. Nos climas frios ou na estação de Inverno, estes desperdícios de energia podem reduzir as necessidades de aquecimento, mas nos climas quentes ou na estação de Verão, os desperdícios podem aumentar as necessidades de arrefecimento [5][6].

Muitos regulamentos estabelecem primeiro os requisitos de eficiência energética para a envolvente do edifício, enquanto só alguns incluem o consumo de energia dos equipamentos e dos sistemas de iluminação [3].

2.4. Comparação de regulamentos de construção

As condições do local onde se encontra o edifício influenciam muito o desempenho energético deste. Ao se proceder à comparação entre regulamentos deve ter-se em atenção às condições climáticas do local, tais como a temperatura, humidade e a quantidade de luz solar [7].

Em climas frios ou na estação de Inverno, a necessidade de aquecimento é a questão mais importante relativamente à energia, existindo uma relação directa na diferença de temperatura e na perda de energia dos edifícios. É possível reduzir a necessidade de aquecimento através de uma boa utilização dos ganhos de energia solar pelos envidraçados ou das perdas de energia dos equipamentos e sistemas de iluminação [3].

Em climas quentes ou na estação de Verão, a necessidade de arrefecimento é a questão mais importante relativamente à energia, sendo que as perdas de energia dos sistemas de iluminação e equipamentos e a temperatura exterior também têm um grande impacto nessas necessidades. As necessidades de arrefecimento dependem também da quantidade e intensidade de luz solar a que o edifício está exposto. De notar, que maiores necessidades de arrefecimento conduzem a um maior consumo de energia. Existem algumas alternativas para reduzir as necessidades de arrefecimento, tais como utilizar um isolamento térmico

co mais eficiente, melhorar a eficiência dos envidraçados ou mesmo melhorar a eficiência dos sistemas de ar condicionado ou ventilação, conduzindo assim a um menor consumo de energia [3].

Os edifícios têm diferentes reacções dependendo do clima onde se encontram. Portanto, não é possível comparar directamente os requisitos de aquecimento de um edifício num clima quente com um num clima frio [7].

As classificações climáticas são muitas vezes baseadas no sistema de classificação climática de *Köppen*, que propõe seis tipos gerais de climas, sendo cada um destes tipos subdividido em subcategorias de acordo com as condições na estação de Inverno ou de Verão, resultando assim vinte e três subclimas diferentes. Os seis climas base não são muito homogéneos, pois alguns incluem uma grande variedade de condições onde os edifícios vão ter um desempenho diferente em relação ao aquecimento e arrefecimento, mas, por sua vez, os vinte e três subclimas já são mais homogéneos. Apesar de esta classificação ser utilizada em muitos regulamentos de eficiência energética de construção, torna-se um pouco complicado trabalhar com vinte e três subclimas diferentes para a comparação da eficiência energética dos edifícios [3].

Sendo assim, para uma avaliação e comparação dos regulamentos de construção de diferentes países é preferível utilizar um modelo onde as diferentes condições climáticas são divididas em seis zonas diferentes. As divisões das zonas climáticas baseiam-se nas exigências de aquecimento e arrefecimento. Pode ainda ser necessário adicionar mais uma zona com base no grande nível de humidade, que requer uma necessidade de reduzir a mesma [7].

Do ponto de vista de comparar os regulamentos de térmica de novos edifícios pode ser ainda simplificado em três áreas distintas [3].

- Climas frios

Nestas regiões a comparação pode ser baseada principalmente nas necessidades de aquecimento e na eficiência dos sistemas de aquecimento e ventilação. Através dos ganhos solares e das cargas internas é possível reduzir a necessidade de aquecimento e beneficiar assim a eficiência energética, embora devam existir preocupações de modo a evitar o sobreaquecimento na estação de Verão. Os vãos envidraçados devem encontrar-se localizados de modo a aproveitar a energia solar [3].

- Climas quentes

Nestas regiões a comparação pode ser baseada principalmente nas necessidades de arrefecimento e na eficiência dos sistemas de arrefecimento. Através dos ganhos solares e das cargas internas é possível aumentar a necessidade de arrefecimento,

devendo estas ser reduzidas ao máximo de modo a obter um menor consumo de energia. Os envidraçados devem ser protegidos através de sombreamento [3].

- Climas intermédios

Nestas regiões é impossível fazer uma comparação simplificada com base apenas nas necessidades de aquecimento ou arrefecimento, pois é necessário equilibrar os ganhos solares e as cargas internas com as necessidades de aquecimento e arrefecimento durante todo o ano. Nestes climas é necessário equilibrar a orientação dos envidraçados e o seu sombreamento de modo a permitir ganhos solares na estação de Inverno e reduzi-los na estação de Verão, tentando assim obter um equilíbrio entre as necessidades de aquecimento e arrefecimento, respectivamente. As soluções têm de ser estudadas e escolhidas dependendo das condições climáticas dos locais [3].

Na UE, os regulamentos para a eficiência energética dos edifícios baseiam-se em directivas que têm de ser implementadas em todos os Estados Membros. Relativamente a este tema, a directiva mais importante é a EPBD [4].

De acordo com esta directiva, os Estados Membros necessitam estabelecer requisitos de eficiência energética para os novos edifícios com base no desempenho energético. O desempenho do edifício tem de ter em conta a envolvente, incluindo a estanquidade ao ar, os sistemas de aquecimento e arrefecimento, a ventilação, a orientação e posição do edifício, utilização de sistemas solares passivos, protecção solar (sombreamento) e ainda as condições interiores de referência. A utilização de sistemas solares activos e de outros sistemas de energias renováveis (solar fotovoltaica, biomassa, eólica, geotérmica, etc.), tal como o aproveitamento da luz natural, também têm de ser tidos em conta. A directiva define ainda que os edifícios ou fracções autónomas ao serem construídos, vendidos ou arrendados devem possuir um certificado energético. Assim, todos os novos edifícios necessitam de um certificado energético [4].

Existem outras directivas que também têm um grande impacto no desempenho energético dos edifícios, tal como a directiva “*Eco-Design*”, que indica o conjunto de exigências para a rotulagem dos diferentes equipamentos e a directiva “*Energy end-use and Energy Services*”, que estabelece objectivos e exigências para os produtos que consomem energia, entre outras. A directiva “*Eco-Design*” indica exigências para a eficiência energética dos equipamentos, tal como os electrodomésticos, contribuindo assim para o desempenho energético dos edifícios [8][9].

A União Europeia criou uma directiva que define requisitos relativos à eficiência energética dos edifícios novos e reabilitados, mas muitos detalhes são deixados para cada Estado Membro decidir, como definir os requisitos mínimos para os novos edifícios [3].

2.4.1. Comparação de valores de U nos países da OCDE

A comparação das exigências de eficiência energética dos diversos regulamentos é complicada, pois as exigências são dependentes das condições climáticas locais e, por vezes, estas variam substancialmente dentro de um país. As exigências de energia podem ser definidas de variadas maneiras. Enquanto alguns regulamentos estabelecem requisitos para o desempenho energético de todo o edifício, outros possuem exigências para cada uma das componentes do edifício (paredes, lajes, envidraçados, etc.) e para os sistemas de aquecimento e arrefecimento, entre outros. Os valores limite de U presentes nos regulamentos apenas representam um valor mínimo aceitável para a construção, pois geralmente esses valores terão de ser inferiores de modo a cumprir as exigências de desempenho energético do edifício [3].

2.5. Padrões de baixo consumo energético

O consumo de energia no sector da construção continuará a aumentar até os edifícios serem concebidos de modo a produzirem energia para compensar as suas necessidades de energia [2].

Deste modo, é necessário tomar medidas para aumentar o número de edifícios que não se limitem apenas a cumprir os requisitos mínimos de desempenho energético, mas que os ultrapassem, reduzindo assim o consumo de energia e as emissões de dióxido de carbono [4].

Relativamente ao baixo consumo de energia existem alguns padrões com o objectivo de o obter através de uma elevada eficiência energética [3]:

- edifício de baixo consumo energético (*Low Energy Buildings*);
- casa passiva (*Passive House*);
- edifícios de balanço energético nulo e edifícios com emissão de dióxido de carbono nula (*Zero Energy Buildings* e *Zero Carbon Buildings*);

Estes tipos de edifícios e outras construções de baixo consumo de energia conduzem a um aumento de qualidade na construção [3].

2.5.1. Edifício de baixo consumo energético (Low Energy Buildings)

Não existe uma definição global para estes edifícios, mas geralmente indica um edifício com melhor desempenho energético do que os requisitos mínimos dos regulamentos de construção e, conseqüentemente, com um menor consumo de energia. Estes edifícios costumam utilizar elevadas quantidades de isolamento térmico, janelas eficientes energeticamente, baixos níveis de infiltração de ar e ventilação com recuperação de calor de modo a reduzir a energia de aquecimento e arrefecimento. Podem ainda utilizar sistemas solares passivos ou activos. Em alguns países estes edifícios são definidos nos regulamentos como tendo uma percentagem do consumo de energia dos edifícios correntes, podendo alcançar metade do consumo. A definição deste tipo de edifício depende do país onde se encontra, pois o consumo pode ser considerado baixo num país e elevado noutro. Assim, a definição deste tipo de edifício depende das necessidades energéticas estipuladas no regulamento do respectivo país [1].

2.5.2. Casa passiva (Passive House)

É um edifício onde é possível obter um clima interior confortável sem recorrer a sistemas de aquecimento e arrefecimento e utilizam muito menos energia do que um edifício tradicional. Estes edifícios utilizam normalmente os ganhos solar passivos, envidraçados bons termicamente ($U = 0,75 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$), construção sem pontes térmicas e uma envolvente que permite o escoamento de ar. Todas estas medidas possibilitam diminuir a necessidade anual de aquecimento, reduzindo assim o consumo de energia em aproximadamente 70-80%, dependendo do regulamento de cada país [1].

Quanto mais eficiente for um edifício, maiores se tornam os custos das medidas para melhorar essa eficiência. Ao se aproximar do balanço de energia nulo, as medidas necessárias aumentam ainda mais o seu custo, como se pode verificar na Figura 2.2. Por outro lado pode também ser possível reduzir os custos, pois alguns equipamentos instalados no edifício podem ser desnecessários devido à elevada eficiência energética. Em alguns casos é possível aquecer o edifício apenas com os ganhos solares passivos e a utilização do sistema de ventilação, sendo desnecessário a utilização de sistemas de aquecimento [3].

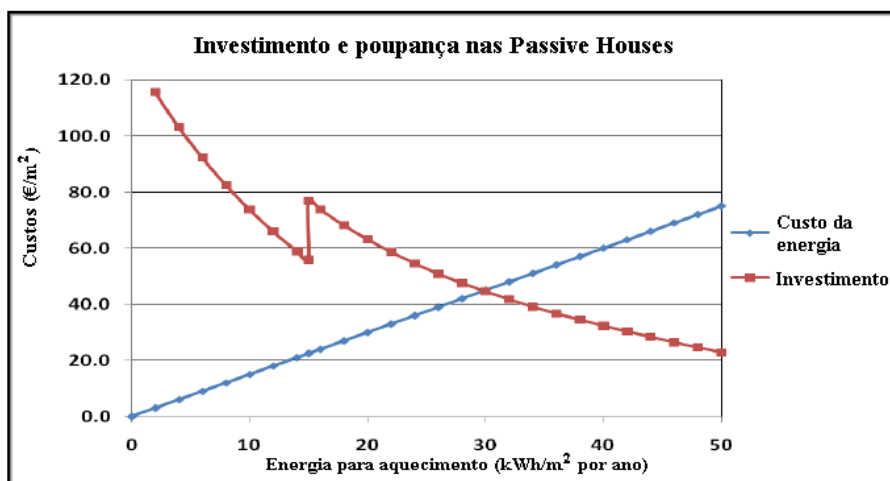


Figura 2.2 – Custos adicionais e poupança nas casas passivas (adaptado) [3]

Para um edifício ser considerado casa passiva necessita de cumprir certas condições [3]:

- deve utilizar 15 kWh/m².ano ou menos em energia de aquecimento;
- a carga de calor específico para o sistema de aquecimento à temperatura de projecto deve ser inferior a 10 W/m²;
- com o edifício submetido a uma pressão de 50 Pa, este não deve deixar escoar mais de 0,6 vezes o volume do edifício por hora;
- o consumo total de energia primária (energia para aquecimento, água quente e electricidade) deve ser inferior a 120 kWh/m².ano.

O regulamento das casas passivas foi definido em 1988 e a primeira foi construída em Darmstadt na Alemanha em 1990 [3].

Existem também alguns requisitos de construção necessários para as casas passivas [3]:

- bem isoladas termicamente: todos os elementos de construção, tais como, paredes, coberturas e pavimentos são isolados com valores de U entre 0,10-0,15 W/m².°C;
- sem pontes térmicas: todas as pontes térmicas têm de ser tratadas adequadamente, pois as casas passivas são consideradas “livres de pontes térmicas”;
- com envidraçados eficientes: os envidraçados nas casas passivas são especialmente eficientes e são constituídos por três camadas de vidro, protecção de ambos os lados e o espaço entre as camadas de vidro preenchido por um gás.

Possuem ainda uma caixilharia eficiente termicamente. Em geral, os valores de U para os envidraçados são 0,70-0,85 W/m².°C;

- estanque ao ar: o edifício deve ser construído de modo a ser especialmente estanque ao ar;
- equipado com sistema de ventilação mecânica eficiente: de modo a garantir uma ventilação passiva suficiente devem ser equipadas com sistema de ventilação mecânica eficiente para garantir uma troca de ar controlado de 0,4 vezes o volume do edifício por hora;
- utilizar sistema de aquecimento inovador: os sistemas de aquecimento e arrefecimento são tipicamente inovadores e fazem as trocas de calor.

2.5.3. Edifícios de balanço energético nulo (Zero Energy Buildings)

Os edifícios de balanço energético nulo têm necessidades de energia muito baixas devido à sua elevada eficiência térmica e não utilizam combustíveis fósseis, abastecendo todas as suas necessidades de energia através de energia solar e outras fontes de energias renováveis. Anualmente podem ser autónomos do fornecimento de energia da rede, mas na prática, em algumas épocas a energia é obtida da rede e noutros períodos a energia é enviada para a rede [1].

Estes edifícios podem ser definidos de diversas maneiras [3]:

- edifício de balanço energético nulo: são edifícios que durante um ano são neutros, ou seja, fornecem à rede a mesma quantidade de energia que utilizam. Não necessitam de nenhum combustível fóssil para aquecimento, arrefecimento, iluminação ou outras utilizações energéticas, embora, por vezes, utilizem energia da rede;
- edifícios carbono zero (*Zero Carbon Buildings*): são edifícios que durante o ano não utilizam energia que implique a emissão de dióxido de carbono (CO₂).

Comparando com os regulamentos para as casas passivas, não existe uma definição exacta de como obter um edifício de balanço energético nulo. Pode ser um edifício tradicional dotado por uma grande área de colectores solares e sistemas fotovoltaicos, desde que forneça mais energia ao longo de um ano do que utiliza, é considerado um edifício de balanço energético nulo. Um edifício de balanço energético nulo pode ser uma casa passivas onde as restantes necessidades de energia são fornecidas por colectores solares e outras energias renováveis [3].

Para obter um edifício de balanço energético nulo é necessário reduzir as necessidades energéticas e utilizar sistemas para produzir energia, recorrendo a sistemas de energia renovável. A redução das necessidades de energia pode ser obtida através de uma optimização térmica da envolvente, provocando assim uma diminuição das perdas de calor, de uma boa orientação do edifício e dos envidraçados de modo a aproveitar os ganhos solares passivos, ventilação e iluminação natural, utilizando palas de sombreamento, utilizando sistemas de iluminação e equipamentos eficientes [10][11].

3. Caso de estudo segundo o RCCTE

3.1. A importância do RCCTE

A transposição da directiva EPBD para a regulamentação portuguesa foi efectuada com a publicação de três Decretos-Lei:

- DL 78/2006 – Cria o Sistema Nacional de Certificação e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) e as respectivas regras de funcionamento [12];
- DL 79/2006 – Versão revista do RSECE (Regulamento dos Sistemas Energéticos e Climatização dos Edifícios), que inclui disposições para a inspecção regular de caldeiras e equipamentos de ar condicionado [13];
- DL 80/2006 – Versão revista do RCCTE (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios) [14].

O RCCTE é o actual regulamento Português que impõe os requisitos mínimos de qualidade térmica aos edifícios, sendo a sua aplicação feita logo desde a fase de licenciamento, garantindo assim que os projectos licenciados satisfaçam todos os requisitos regulamentares. O primeiro RCCTE surgiu em Portugal em 1990, sendo o primeiro instrumento legal no país a impor requisitos ao projecto de novos edifícios e de grandes remodelações. Estes requisitos tinham como objectivo melhorar a qualidade térmica da construção e garantir a satisfação das condições de conforto térmico nos edifícios sem gastos excessivos de energia quer no Inverno quer no Verão, mas também garantir a não ocorrência de condensações superficiais e internas de modo a minimizar os efeitos patológicos por elas provocados. Estes requisitos contribuíram para uma melhoria da qualidade de construção em Portugal, conduzindo a uma utilização mais corrente de isolamento térmico na construção, até nas zonas com climas mais amenos [14][16].

Com o melhoramento das técnicas e soluções construtivas, os requisitos impostos pelo RCCTE passaram a ser “pouco exigentes”, sendo este revisto e actualizado, aumentando assim o nível de exigência e proporcionando um melhor conforto aos ocupantes. Com esta revisão pretendeu-se melhorar a qualidade da construção dos edifícios, de acordo com as imposições da Directiva 2002/91/CE. A revisão do RCCTE estabeleceu requisitos mais rígidos na qualidade térmica da envolvente, das pontes térmicas, do sombreamento dos envidraçados, da qualidade do ar interior e na preparação das águas quentes nos edifícios. Assim, é possível melhorar as condições interiores fornecendo conforto aos ocupantes. A melhoria das soluções construtivas utilizadas, provocada pelo aumento das exigências,

possibilita diminuir a utilização de equipamentos de aquecimento e arrefecimento, diminuindo assim o consumo energético. Este é um dos objectivos do RCCTE, impondo limites aos consumos que ocorrem no edifício ou fracção autónoma. Para o cálculo dos consumos energéticos são fixadas condições ambientais de referência³ de acordo com padrões típicos adoptados como os médios prováveis relativamente à temperatura ambiente e à ventilação para a renovação de ar, garantindo assim uma qualidade do ar interior aceitável e confortável. Este regulamento exige que os edifícios que possuam uma cobertura com exposição solar adequada utilizem sistemas solares ou outros sistemas de energias renováveis, se estes tiverem pelo menos a mesma eficiência que os colectores solares, para aquecer a água [15][16][17].

A metodologia de cálculo para a verificação regulamentar dos edifícios consiste na determinação dos valores nominais de consumo para as condições de referência. Os índices térmicos necessários de quantificar são as necessidades anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e para arrefecimento (N_{vc}) e estes não podem exceder os respectivos valores limites para aquecimento (N_i) e arrefecimento (N_v). Visto que, a utilização de sistemas solares ou outros sistemas de energias renováveis é obrigatória, a metodologia de cálculo prevê a quantificação de um índice para esse propósito. Esse índice serve para a determinação das necessidades nominais anuais de energia para a produção de águas quentes sanitárias (N_{ac}) e não pode exceder o respectivo requisito energético (N_a). O regulamento também impõe limites ao consumo global de energia (aquecimento, arrefecimento e aquecimento de águas quentes sanitárias), através da quantificação do índice energético (N_{ic}) e do seu respectivo limite (N_i) [18].

O regulamento actual é aplicado a cada fracção autónoma dos novos edifícios de habitação e aos novos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados, estabelecendo regras de modo a que as exigências de conforto térmico possam ser satisfeitas sem consumo excessivo de energia e que as situações patológicas nos elementos de construção devido à ocorrência de condensações superficiais ou internas sejam minimizadas. É ainda aplicado a grandes intervenções de remodelação⁴ ou de alteração na envolvente ou nas instalações de preparação de AQS⁵ dos edifícios de habitação e dos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados já existentes e também a ampliações de

³ Estas condições são, para a estação de aquecimento, os valores de 20 °C para a temperatura interior, e para a estação de arrefecimento, os valores de 25 °C e 50% para a temperatura interior e humidade relativa interior, respectivamente [18]

⁴ Intervenções na envolvente ou nas instalações com um custo superior a 25% do valor do edifício calculado com base num valor de referência (C_{ref}) por metro quadrado e tipologia de edifício [14]

⁵ Água potável a temperatura superior a 35 °C utilizada para banhos, limpezas, cozinha e outros fins específicos, preparada em dispositivo próprio, com recurso a formas de energia convencionais ou renováveis [14]

edifícios existentes, exclusivamente na nova área construída. Existem alguns casos que não são abrangidos pelo RCCTE, sendo que essas exceções se encontram no ponto 9 do artigo 2.º do mesmo. De notar, que os edifícios ou fracções autónomas que satisfaçam cumulativamente as condições indicada no ponto 4 do Anexo IX do RCCTE estão isentos de verificação [14][21].

3.2. Índices e parâmetros de caracterização

A caracterização do comportamento térmico dos edifícios ou fracções autónomas é feita através da quantificação dos índices N_{ic} , N_{vc} , N_{ac} e N_{tc} , calculados com base nas condições de referência referidas no artigo 14.º do RCCTE. De notar, que as condições de referência não são aplicadas aos espaços não úteis⁶. Estes índices referidos são explicados e calculados nos capítulos 3.8.1, 3.8.2, 3.8.3 e 3.8.4, respectivamente. É ainda necessário quantificar os coeficientes de transmissão térmica, superficiais (U) e lineares (ψ), dos elementos da envolvente (exterior e interior), a classe de inércia térmica do edifício ou fracção autónoma, o factor solar dos vãos envidraçados⁷ (g_{\perp}) e a taxa de renovação de ar⁸ (R_{ph}) [14][21].

3.3. Descrição do edifício em estudo

O edifício em estudo possui uma área de implantação de 131,61 m². O edifício apresenta a fachada principal orientada a Este, a posterior voltada a Oeste e a fachada lateral a Sul em contacto com edifício adjacente. É um edifício multifamiliar e possui uma estrutura em betão armado, constituída por pilares e lajes apoiadas em vigas.

O edifício é composto por um piso subterrâneo (piso -1), onde se encontram os lugares destinados a estacionamento automóvel para habitantes e arrecadações, quatro pisos para habitação (pisos 1, 2, 3 e 4), onde cada piso corresponde a um fogo e uma zona comum. A ligação entre os pisos é feita pela zona comum, onde se encontram as escadas de serviço e

⁶ Locais fechados, fortemente ventilados ou não, que não se encontram englobados na definição de área útil de pavimento e que não se destinam à ocupação humana em termos permanentes e geralmente não climatizados. Incluem-se armazéns, garagens, sótãos e caves não habitadas, circulações comuns a outras fracções autónomas do mesmo edifício, etc. [14]

⁷ Quociente entre a energia solar transmitida para o interior através de um vão envidraçado com o respectivo dispositivo de protecção e a energia da radiação solar que nele incide [21]

⁸ É o caudal horário de entrada de ar interior, expresso em múltiplos do volume interior útil do edifício ou fracção autónoma [21]

um elevador. O edifício apresenta ainda um piso de acesso à zona técnica e à cobertura, acima do piso 4.

No piso -1 as entradas pelo exterior encontram-se a Oeste e são exclusivas a automóveis (garagens individuais).

No piso 1 encontra-se a entrada principal para o edifício. Este piso é composto por uma zona comum, onde se encontram as escadas de serviço e o elevador, e por um fogo com a área de 106,9 m². O fogo é de tipologia T3, sendo que um dos quartos é uma suite. As janelas desta habitação encontram-se nas fachadas Este e Oeste.

O piso 2 apresenta a entrada para a habitação pela zona comum. O fogo tem 111,79 m² de área e é de tipologia T4, sendo que um dos quartos é uma suite. As janelas desta habitação encontram-se maioritariamente nas fachadas Este e Oeste, existindo apenas uma janela de pequenas dimensões a Norte, na instalação sanitária.

O piso 3 é idêntico ao piso 2.

O piso 4 apresenta a entrada para a habitação pela zona comum. O fogo tem 111,88 m² de área e é de tipologia T4, sendo que um dos quartos é uma suite. As janelas desta habitação encontram-se maioritariamente nas fachadas Este e Oeste, existindo apenas uma janela de pequenas dimensões a Norte, na instalação sanitária.

Todos os pisos de habitação têm um pé direito⁹ de 2,6 m. Apenas o piso 1 tem uma disposição de compartimentos diferente, devido ao facto de possuir uma área inferior dos restantes pisos.

Foram sujeitos a este estudo o piso 1 (piso em contacto com zona não aquecida – garagem), piso 3 (piso intermédio) e o piso 4 (piso em contacto com o exterior – cobertura). Visto que os pisos 2 e 3 são idênticos e ambos são pisos intermédios, apenas foi estudado o piso 3.

De seguida apresentam-se as plantas das fracções autónomas estudadas:

⁹ Altura média, medida pelo interior, entre o pavimento e o tecto de uma fracção autónoma [21]

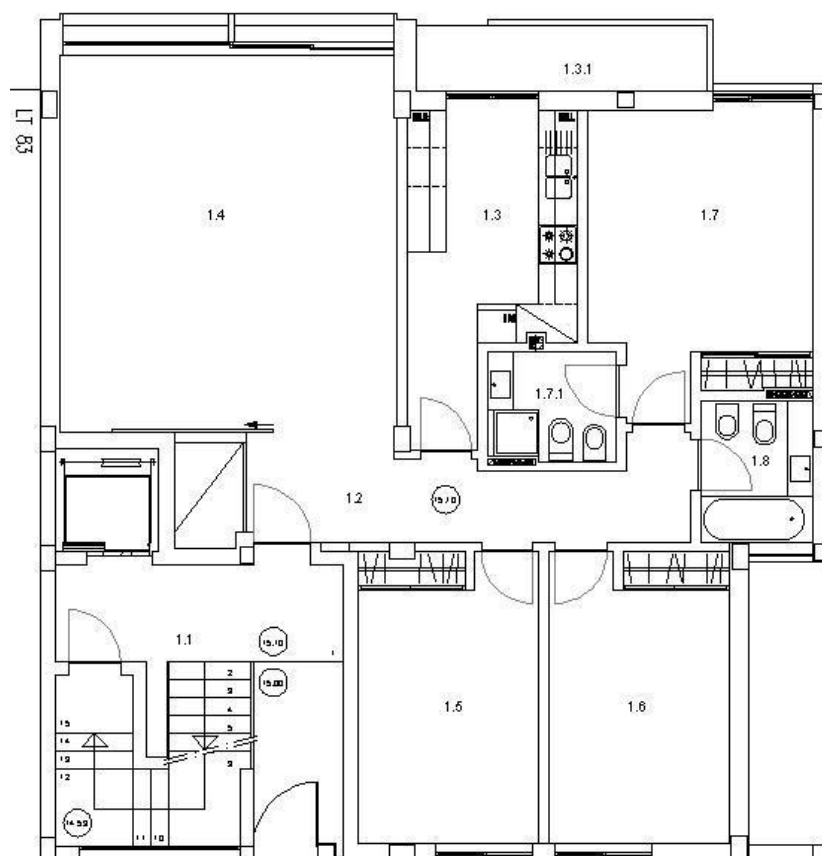


Figura 3.1 – Planta do piso 1

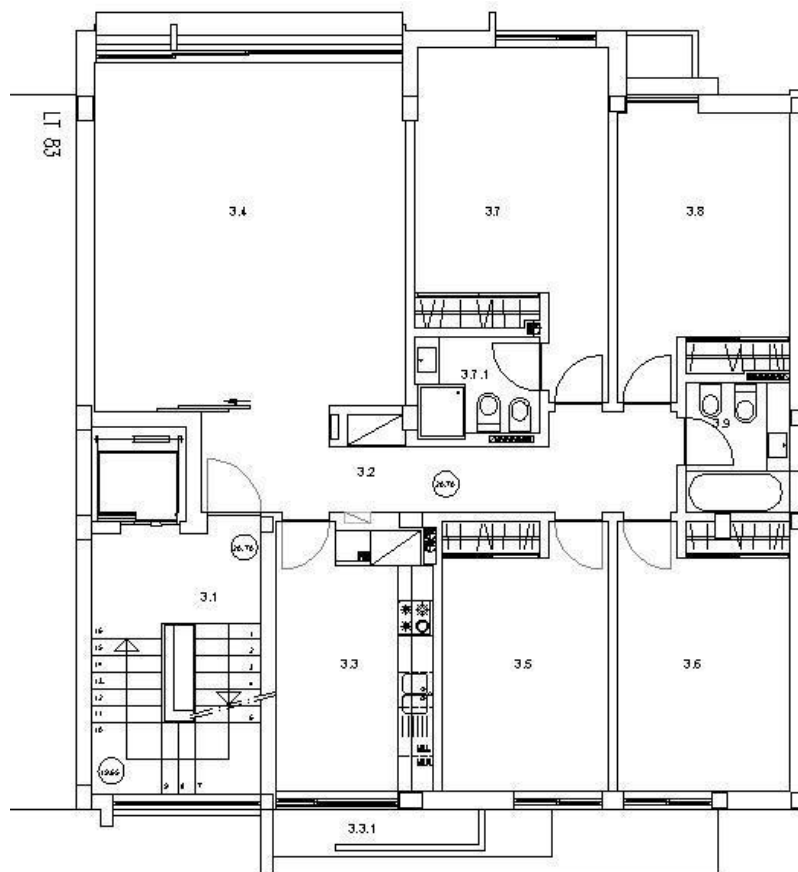


Figura 3.2 – Planta do piso 3

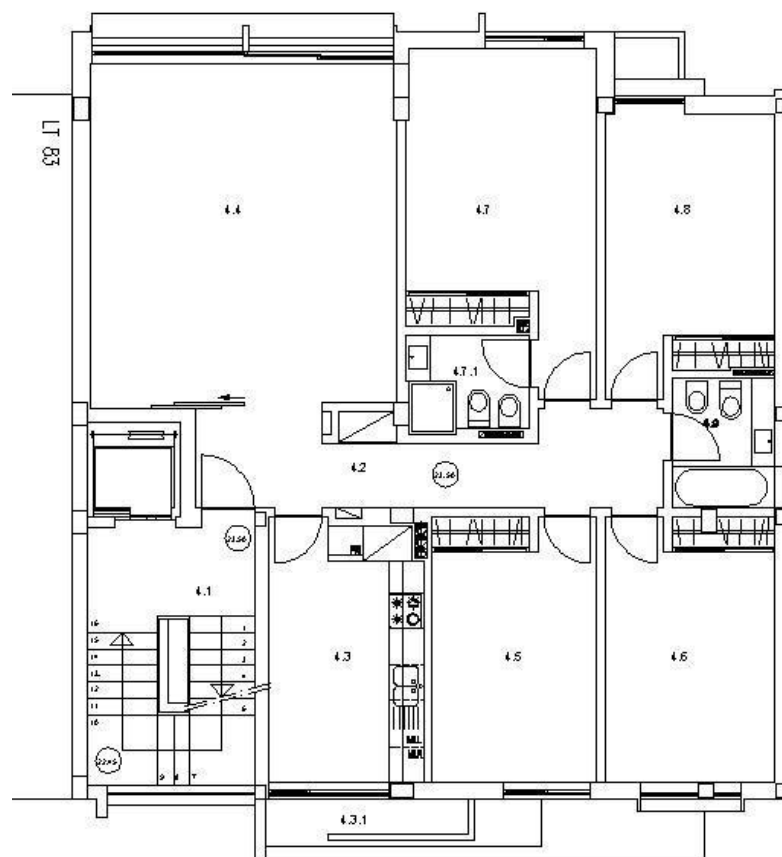


Figura 3.3 – Planta do piso 4

3.3.1. Identificação da envolvente exterior e interior

Em primeiro lugar, é prioritário definir o conceito de envolvente exterior e interior.

A envolvente exterior caracteriza-se por ser o conjunto dos elementos do edifício ou da fracção autónoma que estabelecem a fronteira entre o espaço interior e o ambiente exterior [14].

A envolvente interior caracteriza-se por ser a fronteira que separa a fracção autónoma de ambientes normalmente não climatizados (espaços “não úteis”), tais como garagens, patins ou armazéns, assim como de outras fracções autónomas adjacentes em edifícios vizinhos [14].

3.3.2. Levantamento dimensional

Neste ponto menciona-se a área e orientação das paredes das envoltentes exterior e interior, sendo a área total desagregada em área de envidraçados/portas (A_{env}/A_{portas}), área de pontes térmicas planas (A_{ptp}) e área de zona corrente (A_{zc}).

Quadro 3.1 – Levantamento dimensional da envolvente exterior do piso 1

Áreas dos elementos da envolvente exterior					
Orientação	Elemento	$A_{total} (m^2)$	$A_{env} (m^2)$	$A_{ptp} (m^2)$	$A_{zc} (m^2)$
Norte	Suite 1.7	12,27	0,00	1,08	11,19
	Instalação sanitária 1.8	6,50	0,00	1,23	5,27
	Quarto 1.6	11,78	0,00	1,36	10,42
	Sala 1.4	3,12	0,00	0,00	3,12
Sul	Sala 1.4	1,38	0,00	0,00	1,38
Este	Quarto 1.5	7,28	1,50	1,72	4,06
	Quarto 1.6	7,28	1,50	0,73	5,06
	Instalação sanitária 1.8	2,60	1,90	0,26	0,44
Oeste	Suite 1.7	9,10	3,10	1,49	4,51
	Cozinha 1.3	6,76	2,90	0,67	3,19
	Sala 1.4	13,52	6,56	1,31	5,65

Quadro 3.2 – Levantamento dimensional da envolvente interior do piso 1

Áreas dos elementos da envolvente interior					
Espaço não útil	Elemento	A_{total} (m²)	A_{porta} (m²)	A_{ptp} (m²)	A_{zc} (m²)
Edifício adjacente	Sala 1.4	13,88	0,00	2,50	11,38
Caixa de elevador	Sala 1.4	4,16	0,00	0,00	4,16
	Hall 1.2	4,06	0,00	0,00	4,06
Patim	Hall 1.2	6,76	1,80	1,17	3,79
	Quarto 1.5	12,17	0,00	0,00	12,17

Quadro 3.3 – Levantamento dimensional da envolvente exterior do piso 3

Áreas dos elementos da envolvente exterior					
Orientação	Elemento	A_{total} (m²)	A_{env} (m²)	A_{ptp} (m²)	A_{zc} (m²)
Norte	Quarto 3.8	11,23	0,00	1,08	10,15
	Instalação sanitária 3.9	5,72	1,23	1,14	3,35
	Quarto 3.6	11,78	0,00	1,76	10,02
	Suite 3.7	2,08	0,00	0,00	2,08
Sul	Sala 3.4	1,38	0,00	0,00	1,38
Este	Cozinha 3.3	6,86	4,08	1,60	1,18
	Quarto 3.5	7,28	1,50	0,70	5,08
	Quarto 3.6	7,54	1,50	1,31	4,73
Oeste	Quarto 3.8	7,15	2,40	0,70	4,05
	Suite 3.7	8,32	2,72	0,00	5,60
	Sala 3.4	13,52	12,10	0,00	1,42

Quadro 3.4 – Levantamento dimensional da envolvente interior do piso 3

Áreas dos elementos da envolvente interior					
Espaço não útil	Elemento	A_{total} (m²)	A_{porta} (m²)	A_{ptp} (m²)	A_{zc} (m²)
Edifício adjacente	Sala 3.4	13,88	0,00	2,50	11,38
Caixa de elevador	Sala 3.4	4,16	0,00	0,00	4,16
	Hall 3.2	4,16	0,00	0,00	4,16
Patim	Hall 3.2	2,63	1,80	0,00	0,83
	Cozinha 3.3	12,17	0,00	1,77	10,40

Quadro 3.5 – Levantamento dimensional da envolvente exterior do piso 4

Áreas dos elementos da envolvente exterior					
Orientação	Elemento	A_{total} (m²)	A_{env} (m²)	A_{ptp} (m²)	A_{zc} (m²)
Norte	Quarto 4.8	11,23	0,00	1,08	10,15
	Instalação sanitária 4.9	5,72	1,23	1,14	3,35
	Quarto 4.6	11,78	0,00	1,76	10,02
	Suite 4.7	2,08	0,00	0,00	2,08
Sul	Sala 4.4	1,38	0,00	0,00	1,38
Este	Cozinha 4.3	6,86	4,08	1,60	1,18
	Quarto 4.5	7,28	1,50	0,70	5,08
	Quarto 4.6	7,54	3,82	1,31	2,41
Oeste	Quarto 4.8	7,15	2,40	0,70	4,05
	Suite 4.7	8,32	2,72	0,00	5,60
	Sala 4.4	13,52	12,10	0,00	1,42

Quadro 3.6 – Levantamento dimensional da envolvente interior do piso 4

Áreas dos elementos da envolvente interior					
Espaço não útil	Elemento	A_{total} (m²)	A_{porta} (m²)	A_{ptp} (m²)	A_{zc} (m²)
Edifício adjacente	Sala 4.4	13,88	0,00	2,50	11,38
Caixa de elevador	Sala 4.4	4,29	0,00	0,00	4,29
	Hall 4.2	3,77	0,00	0,00	3,77
Patim	Hall 4.2	2,63	1,80	0,00	0,83
	Cozinha 4.3	12,17	0,00	1,77	10,40

3.3.3. Determinação do coeficiente de redução de perdas térmicas para locais não aquecidos (τ)

As perdas térmicas que ocorrem através dos elementos em contacto com locais não-úteis (não aquecidos) constituem apenas uma fracção do valor que teriam se esses elementos fizessem fronteira com o exterior. O coeficiente τ traduz esse decréscimo de perdas e pode tomar os valores convencionais – Tabela IV.1 do RCCTE – para diferentes situações comuns de espaços não aquecidos. Estes valores foram calculados em função da natureza do espaço não útil, das suas condições de ventilação e da relação entre as áreas da envolvente interior e exterior (A_i/A_u) e também com base nos valores de referência dos coeficientes de transmissão térmica da envolvente e em valores típicos das taxas de renovação de ar que neles ocorrem, sem prejuízo de se recorrer a um cálculo mais preciso [14][18].

Sendo que A_i corresponde à área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil e A_u corresponde à área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior [14].

Para o cálculo do coeficiente τ é então necessário identificar o tipo de espaço não útil e calcular as duas áreas referidas anteriormente (A_i e A_u). Neste caso o tipo de espaço não útil é de circulação comum sem abertura directa para o exterior. De notar que para o cálculo de A_i e A_u é necessário considerar todos os pisos, pois o valor do coeficiente τ é apenas um para todo o edifício.

Quadro 3.7 – Cálculo do coeficiente τ

Piso	$A_i \text{ (m}^2\text{)}$	$A_u \text{ (m}^2\text{)}$	A_i/A_u	τ
Piso 1	115,38	11,05	2,39	0,3
Piso 2	29,87	7,44		
Piso 3	24,00	7,44		
Piso 4	24,00	7,44		
Piso técnico	2,27	30,94		
Cobertura	0,00	17,67		
Total	195,52	81,97		

O coeficiente τ para a zona em contacto com o edifício adjacente toma sempre o valor de 0,6, independentemente da relação A_i/A_u .

3.4. Caracterização térmica das soluções construtivas

As soluções construtivas adoptadas para o edifício em estudo, visam estabelecer o melhor compromisso possível a nível de comportamento térmico da envolvente, com vista a minorar as perdas de calor, diminuindo as necessidades de energia necessária para manter os níveis de conforto térmico exigidos pelo RCCTE.

Na caracterização térmica das soluções construtiva identificaram-se os elementos correntes e não correntes da envolvente e o seu tipo de exposição (exterior e interior). A metodologia de cálculo exige que, para cada orientação sejam conhecidas as dimensões de todos os elementos (incluindo as pontes térmicas planas), bem como o seu coeficiente de transmissão térmica (U).

Os coeficientes de transmissão térmica (U) das soluções a seguir representadas foram obtidos através das seguintes expressões [14]:

$$R_j = \frac{e}{\lambda} \quad (3.1)$$

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \quad (3.2)$$

em que:

R_j – resistência térmica da camada j ($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$);

e – espessura do elemento (m);

λ – condutibilidade térmica¹⁰ do elemento (W/m.°C);

U – coeficiente de transmissão térmica superficial (W/m².°C);

R_{si} – resistência térmica superficial interior (m².°C/W);

R_{se} – resistência térmica superficial exterior (m².°C/W).

Os valores das resistências térmicas de cada material, tal como das resistências térmicas superficiais interior e exterior, podem ser obtidos directamente de tabelas encontradas na publicação ITE 50 do LNEC. Os valores das resistências térmicas das alvenarias de tijolo podem ser obtidos directamente de tabelas encontradas na publicação ITE 12 do LNEC [19].

Existem casos particulares em que os valores das resistências térmicas superficiais não são os que melhor traduzam as condições registadas na superfície dos elementos a caracterizar, sendo necessário proceder a uma alteração destes. De seguida apresentam-se os casos mais relevantes: elementos da envolvente que separam um espaço útil interior de um local interior não-aquecido, pavimentos sobre espaços de ar (ou espaço técnico) ventilado, elementos de construção (verticais ou horizontais) que incluam um espaço de ar fortemente ventilado com ar exterior, e esteiras inclinadas ou sob desvão ventilado (não-habitado) de coberturas inclinadas. Nestes casos a resistência térmica superficial exterior (R_{se}) adopta um valor igual ao da resistência térmica superficial interior (R_{si}), ou seja, $R_{se}=R_{si}$ [20].

3.4.1. Envolvente exterior opaca

A envolvente exterior opaca é constituída por uma zona corrente e uma zona de ponte térmica plana¹¹.

Para a envolvente exterior opaca foram estudadas três soluções construtivas distintas, de modo a ser possível fazer uma comparação entre as mesmas e tentar perceber qual a solução mais eficiente. Nas diversas soluções a constituição da parede é apresentada do exterior para o interior.

¹⁰ Propriedade térmica típica de um material homogéneo que é igual à quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma camada de espessura e de área unitárias desse material por unidade de diferença de temperatura entre as suas duas faces [20]

¹¹ É a heterogeneidade inserida em zona corrente da envolvente, como pode ser o caso de certos pilares e talões de viga [18]

3.4.1.1. Solução construtiva 1

No que respeita às paredes exteriores em zona corrente, excepto a Sul (parede em contacto com edifício adjacente) a solução construtiva adoptada integra um sistema de isolamento térmico pelo exterior (ETICS) e são constituídas da seguinte forma:

Quadro 3.8 – Coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores

Elemento	espessura (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Reboco (estruque tradicional)	0,02	0,43	0,05
Isolamento térmico (EPS)	0,04	0,04	1,00
Tijolo cerâmico furado 22	0,22	-	0,52
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1,30	0,02
R _{si}	-	-	0,13
R _{se}	-	-	0,04
Total	0,30	-	1,75
U (W/m².°C)	0,57		

Relativamente às zonas de ponte térmica plana da envolvente exterior (pilares de betão armado), a solução adoptada é idêntica à das paredes exteriores e são constituídas da seguinte forma:

Quadro 3.9 – Coeficiente de transmissão térmica das pontes térmicas planas das paredes exteriores

Elemento	espessura (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Reboco (estruque tradicional)	0,02	0,43	0,05
Isolamento térmico (EPS)	0,04	0,04	1,00
Betão armado	0,22	2,00	0,11
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1,30	0,02
R _{si}	-	-	0,13
R _{se}	-	-	0,04
Total	0,30	-	1,34
U (W/m².°C)	0,75		

3.4.1.2. Solução construtiva 2

No que respeita às paredes exteriores em zona corrente, excepto a Sul (parede em contacto com edifício adjacente) a solução construtiva adoptada integra um sistema de parede dupla com a caixa de ar parcialmente preenchida por isolamento térmico e são constituídas da seguinte forma:

Quadro 3.10 – Coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores

Elemento	espessura (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Reboco (estruque tradicional)	0,015	0,430	0,035
Tijolo cerâmico furado 11	0,110	-	0,270
Caixa de ar	0,030	-	0,180
Isolamento térmico (EPS)	0,030	0,040	0,750
Tijolo cerâmico furado 11	0,110	-	0,270
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	1,300	0,012
R _{si}	-	-	0,130
R _{se}	-	-	0,040
Total	0,310	-	1,686
U (W/m².°C)	0,593		

Relativamente às zonas de ponte térmica plana da envolvente exterior (pilares de betão armado), a solução adoptada é idêntica à das paredes exteriores e são constituídas da seguinte forma:

Quadro 3.11 - Coeficiente de transmissão térmica das pontes térmicas planas das paredes exteriores

Elemento	espessura (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Reboco (estruque tradicional)	0,015	0,430	0,035
Isolamento térmico (EPS)	0,040	0,040	1,000
Betão armado	0,240	2,000	0,120
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	1,300	0,012
R _{si}	-	-	0,130
R _{se}	-	-	0,040
Total	0,310	-	1,336
U (W/m².°C)	0,748		

3.4.1.3. Solução construtiva 3

No que respeita às paredes exteriores em zona corrente, excepto a Sul (parede em contacto com edifício adjacente) a solução construtiva adoptada integra um sistema de parede dupla com caixa de ar e sem isolamento térmico e são constituídas da seguinte forma:

Quadro 3.12 - Coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores

Elemento	espessura (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Reboco (estruque tradicional)	0,015	0,430	0,035
Tijolo cerâmico furado 11	0,110	-	0,270
Caixa de ar	0,030	-	0,180
Tijolo cerâmico furado 11	0,110	-	0,270
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	1,300	0,012
R _{si}	-	-	0,130
R _{se}	-	-	0,040
Total	0,280	-	0,936
U (W/m².°C)	1,068		

Relativamente às zonas de ponte térmica plana da envolvente exterior (pilares de betão armado), a solução adoptada é idêntica à das paredes exteriores e são constituídas da seguinte forma:

Quadro 3.13 - Coeficiente de transmissão térmica das pontes térmicas planas das paredes exteriores

Elemento	espessura (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Reboco (estruque tradicional)	0,015	0,430	0,035
Isolamento térmico (EPS)	0,030	0,040	0,750
Betão armado	0,220	2,000	0,110
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	1,300	0,012
R _{si}	-	-	0,130
R _{se}	-	-	0,040
Total	0,280	-	1,076
U (W/m².°C)	0,929		

3.4.2. Envolvente interior opaca

A envolvente interior opaca é constituída por uma zona corrente e uma zona de ponte térmica plana.

Para a envolvente interior opaca foram estudadas duas soluções construtivas distintas, de modo a estar de acordo com as soluções utilizadas para a envolvente exterior. Visto que na solução construtiva 3 não foi utilizado isolamento térmico na envolvente exterior, na interior também não se utilizou, excepção feita nas pontes térmicas planas de modo a cumprir os requisitos mínimos. Nas diversas soluções a constituição da parede é apresentada do exterior para o interior.

3.4.2.1. Soluções construtivas 1 e 2

A parede exterior em contacto com o edifício adjacente, ou seja, a parede Sul, é constituída da seguinte forma:

Quadro 3.14 – Coeficiente de transmissão térmica da parede interior em contacto com o edifício adjacente

Elemento	espessura (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Reboco (estruque tradicional)	0,02	0,43	0,05
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	-	0,27
Isolamento térmico (EPS)	0,04	0,04	1,00
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	-	0,27
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1,30	0,02
R _{si}	-	-	0,13
R _{se}	-	-	0,13
Total	0,30	-	1,86
U (W/m².°C)	0,54		

As pontes térmicas planas da parede em contacto com o edifício adjacente, ou seja, a parede Sul, são constituídas da seguinte forma:

Quadro 3.15 – Coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana em contacto com o edifício adjacente

Elemento	espessura (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Reboco (estruque tradicional)	0,02	0,43	0,05
Isolamento térmico (EPS)	0,04	0,04	1,00
Betão armado	0,22	2,00	0,11
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1,30	0,02
R _{si}	-	-	0,13
R _{se}	-	-	0,13
Total	0,30	-	1,43
U (W/m².°C)	0,70		

A parede interior em alvenaria que separa a fracção autónoma da zona de circulação comum (patim) do edifício é constituída da seguinte forma:

Quadro 3.16 – Coeficiente de transmissão térmica da parede interior em contacto com a zona de circulação comum

Elemento	espessura (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Reboco (estruque tradicional)	0,02	0,43	0,05
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	-	0,27
Isolamento térmico (lã de vidro)	0,04	0,04	1,00
Tijolo cerâmico furado 11	0,11		0,27
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1,30	0,02
R _{si}	-	-	0,13
R _{se}	-	-	0,13
Total	0,30	-	1,86
U (W/m².°C)	0,54		

A ponte térmica plana que separa a fracção autónoma da zona de circulação comum (patim) do edifício é constituída da seguinte forma:

Quadro 3.17 – Coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana em contacto com a zona de circulação comum

Elemento	espessura (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Reboco (estruque tradicional)	0,02	0,43	0,05
Isolamento térmico (EPS)	0,04	0,04	1,00
Betão armado	0,22	2,00	0,11
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1,30	0,02
R _{si}	-	-	0,13
R _{se}	-	-	0,13
Total	0,30	-	1,43
U (W/m².°C)	0,70		

A parede interior resistente (caixa de elevador) que separa a fracção autónoma da zona de circulação comum do edifício é constituída da seguinte forma:

Quadro 3.18 – Coeficiente de transmissão térmica da envolvente em contacto com a caixa de elevador

Elemento	espessura (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Betão armado	0,25	2,00	0,13
Isolamento térmico (lã de vidro)	0,04	0,04	1,00
Placa de gesso cartonado	0,02	0,25	0,08
R _{si}	-	-	0,13
R _{se}	-	-	0,13
Total	0,31	-	1,47
U (W/m².°C)	0,68		

3.4.2.2. Solução construtiva 3

A parede exterior em contacto com o edifício adjacente, ou seja, a parede Sul, é constituída da seguinte forma:

Quadro 3.19 – Coeficiente de transmissão térmica da parede interior em contacto com o edifício adjacente

Elemento	espessura (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Reboco (estruque tradicional)	0,02	0,43	0,05
Tijolo cerâmico furado 15	0,15	-	0,32
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1,30	0,02
R _{si}	-	-	0,13
R _{se}	-	-	0,13
Total	0,19	-	0,64
U (W/m².°C)	1,56		

A parede interior em alvenaria que separa a fracção autónoma da zona de circulação comum (patim) do edifício é constituída da seguinte forma:

Quadro 3.20 – Coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana em contacto com a zona de circulação comum

Elemento	espessura (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Reboco (estruque tradicional)	0,02	0,43	0,05
Tijolo cerâmico furado 15	0,15	-	0,32
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1,30	0,02
R _{si}	-	-	0,13
R _{se}	-	-	0,13
Total	0,19	-	0,64
U (W/m².°C)	1,56		

As soluções construtivas das pontes térmicas planas e a parede resistente (caixa de elevador) são idênticas às das soluções construtivas 1 e 2.

3.4.3. Pavimentos

Existem dois tipos de pavimentos aplicados nas fracções autónomas. Um deles, sendo aplicado no hall, quartos e sala e o outro aplicado na cozinha e instalações sanitárias. O primeiro tipo de pavimento é constituído da seguinte forma:

Quadro 3.21 – Coeficiente de transmissão térmica do pavimento do hall, quartos e sala

Elemento	espessura (m)	λ (W/m.°C)	R (m².°C/W)
Painéis Aglomerado de partículas de madeira	0,02	0,14	0,14
Betonilha de Regularização	0,02	0,85	0,02
Isolamento térmico (lã de vidro)	0,04	0,04	1,00
Betão Armado	0,20	2,00	0,10
Reboco (estruque tradicional)	0,02	0,43	0,05
R _{si}	-	-	0,17
R _{se}	-	-	0,17
Total	0,30	-	1,65
U (W/m².°C)	0,60		

O outro tipo de pavimento é constituído da seguinte forma:

Quadro 3.22 – Coeficiente de transmissão térmica do pavimento da cozinha e instalações sanitárias

Elemento	espessura (m)	λ (W/m.°C)	R (m².°C/W)
Ladrilho grés cerâmico	0,02	1,30	0,02
Betonilha de Regularização	0,02	0,85	0,02
Isolamento térmico (lã de vidro)	0,04	0,04	1,00
Betão Armado	0,20	2,00	0,10
Reboco (estruque tradicional)	0,02	0,43	0,05
R _{si}	-	-	0,17
R _{se}	-	-	0,17
Total	0,30	-	1,53
U (W/m².°C)	0,66		

3.4.4. Cobertura

Na cobertura existem duas zonas diferentes, uma em terraço e a outra possui uma zona técnica, ou seja, é um espaço não útil (não aquecido). A constituição da zona em terraço é a seguinte:

Quadro 3.23 – Coeficiente de transmissão térmica da cobertura em contacto com o exterior

Elemento	espessura (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Seixo rolado	0,03	2,00	0,02
Camada de dessolidarização (geotêxtil)	-	-	-
Impermeabilização	0,01	0,23	0,04
Isolamento térmico (lã de vidro)	0,04	0,04	1,00
Camada de forma (betão de argila expandida)	0,05	0,70	0,07
Betão Armado	0,20	2,00	0,10
Reboco (estruque tradicional)	0,02	0,43	0,05
R _{si}	-	-	0,10
R _{se}	-	-	0,04
Total	0,35	-	1,42
U (W/m².°C)	0,71		

A constituição da outra zona é a seguinte:

Quadro 3.24 – Coeficiente de transmissão térmica da cobertura em contacto com o interior

Elemento	espessura (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Ladrilho grés cerâmico	0,02	1,30	0,02
Betonilha de Regularização	0,02	0,85	0,02
Isolamento térmico (lã de vidro)	0,04	0,04	1,00
Betão Armado	0,20	2,00	0,10
Reboco (estruque tradicional)	0,02	0,43	0,05
R _{si}	-	-	0,10
R _{se}	-	-	0,10
Total	0,30	-	1,39
U (W/m².°C)	0,72		

3.4.5. Envidraçados e caixas de estores

Os vãos envidraçados, para além de terem um papel no isolamento também proporcionam luz e calor provenientes da radiação solar. Em climas frios, os ganhos solares podem reduzir as necessidades de aquecimento, enquanto em climas quentes o calor necessita ser removido através de arrefecimento. A orientação dos vãos envidraçados deve ter em atenção as diferentes quantidades de luz solar que incidem no edifício nas diversas direcções de modo a complementar as necessidades de aquecimento e arrefecimento do edifício [3].

Existem vários métodos para melhorar a eficiência dos envidraçados, tais como, o aumento das camadas de vidro simples para vidro duplo ou mesmo triplo, o revestimento do envidraçado, ou preenchendo o espaço entre as camadas de envidraçado com

um gás inerte ou vácuo de modo a reduzir as transferências de calor. As caixilharias também oferecem possibilidades de melhorar a eficiência térmica [3].

No que diz respeito aos envidraçados verticais utilizados nas fracções autónomas, excepto nas instalações sanitárias, optou-se pela aplicação de vidro duplo incolor, com 6 mm de lâmina de ar, com dispositivo de oclusão nocturna com baixa permeabilidade ao ar, sendo a caixilharia metálica com corte térmico, sendo $U_{\text{wdn}}=2,7 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$, sendo que nas instalações sanitárias optou-se pela aplicação de vidro duplo incolor, com 6 mm de lâmina de ar, sem dispositivo de oclusão nocturna, sendo a caixilharia metálica, com corte térmico, sendo $U_{\text{wdn}}=3,7 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$. De notar, que o coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite (U_{wdn}), acima mencionado, de um vão envidraçado é a média dos coeficientes de transmissão térmica de um vão envidraçado com a protecção aberta (posição típica durante o dia) e fechada (posição típica durante a noite) e que se toma como valor de base para o cálculo das perdas térmicas pelos vão envidraçados de uma fracção autónoma de um edifício em que haja ocupação nocturna importante, por exemplo, habitações, estabelecimentos hoteleiros e similares, zonas de hospitais, etc [20].

Na caixa de estore é utilizado um estore veneziano com lâminas metálicas que é isolado termicamente no seu interior com 3 cm de poliestireno expandido moldado, sendo a sua constituição a seguinte:

Quadro 3.25 - Coeficiente de transmissão térmica da caixa de estore

Elemento	espessura (m)	$\lambda \text{ (W/m}\cdot^\circ\text{C)}$	$R \text{ (m}^2\cdot^\circ\text{C/W)}$
Reboco (estruque tradicional)	0,02	0,43	0,05
Isolamento térmico (EPS)	0,03	0,04	0,75
R_{si}	-	-	0,13
R_{se}	-	-	0,13
Total	0,05	-	1,06
$U \text{ (W/m}^2\cdot^\circ\text{C)}$	0,95		

3.5. Zonamento climático

Para efeitos do RCCTE, o país é dividido em três zonas climáticas de Inverno (I1, I2 e I3) e em três zonas climáticas de Verão (V1, V2 e V3), como se pode observar na Figura 3.4. As zonas de Verão encontram-se ainda subdivididas em região Norte e Sul [14].

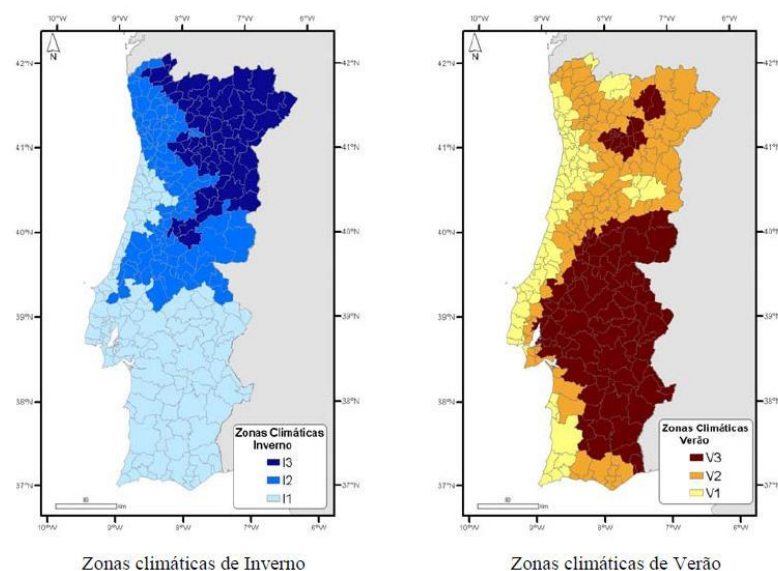


Figura 3.4 – Zonamento climático [21]

No caso de estudo foram analisadas duas zonas climáticas diferentes, de modo a ser possível efectuar uma comparação entre ambas e não limitar a análise apenas a uma zona específica. É assim possível observar as diferenças energéticas entre as soluções construtivas estudadas nas duas zonas climáticas. Visto que o objectivo é comparar os valores obtidos em Portugal com os obtidos em Espanha foram escolhidos locais perto da fronteira para possuírem um clima idêntico.

Relativamente aos dados climáticos das fracções autónomas em estudo é fundamental saber:

- concelho em que se insere;
- zona climática de Inverno e Verão – Quadro III.1 do RCCTE;
- n.º de Graus-Dias, que caracteriza a severidade de um determinado clima durante a estação de aquecimento e que corresponde ao somatório das diferenças positivas registadas entre uma dada temperatura de base (20 °C) e a temperatura do ar exterior durante a estação de aquecimento [14] – Quadro III.1 do RCCTE;
- duração da estação de aquecimento – Quadro III.1 do RCCTE;
- temperatura média do ar exterior – Quadro III.9 do RCCTE;
- energia solar média mensal – Quadro III.8 do RCCTE;
- ganhos térmicos internos médios por unidade de área útil de pavimento – Quadro IV.3 do RCCTE;
- altitude;
- intensidade média de radiação solar – Quadro III.9 do RCCTE.

Segundo os Quadros III.2 e III.3 do RCCTE, é possível que uma fracção autónoma sofra alterações relativamente ao zonamento e aos dados climáticos de referência indicados no Quadro III.1 do RCCTE, em função da altitude do local [14].

3.5.1. Zona 1

A primeira zona a ser analisada é Elvas, que se encontra na zona climática de Inverno I1 e na zona climática de Verão V3.

3.5.1.1. Dados climáticos

Os dados climáticos desta zona são os seguintes:

Quadro 3.26 – Localização e dados climáticos da zona 1

Designação		Dados	Unidades
Concelho		Elvas	-
Zona climática de Inverno		I1	-
Zona climática de Verão		V3	-
Nº de Graus-Dias (GD)		1410	°C
Duração da estação de aquecimento		6	meses
Energia solar média mensal (G_{sul})		108	kWh/m ² .mês
Ganhos térmicos internos médios/área útil pavimento (q_i)		4	W/m ²
Temperatura média do ar exterior (θ_{atm})		23	°C
Altitude		< 400	m
Intensidade média de radiação solar (I_r)	Orientação		
	N	210	-
	E	460	
	S	400	
	W	460	

3.5.2. Zona 2

A outra zona analisada é Montalegre, que se encontra na zona climática de Inverno I3 e na zona climática de Verão V1.

3.5.2.1. Dados climáticos

Os dados climáticos desta zona são os seguintes:

Quadro 3.27 – Localização e dados climáticos da zona 2

Designação		Dados	Unidades
Concelho		Montalegre	-
Zona climática de Inverno		I3	-
Zona climática de Verão		V1	-
Nº de Graus-Dias (GD)		2820	°C
Duração da estação de aquecimento		7,7	meses
Energia solar média mensal (G_{sol})		90	kWh/m ² .mês
Ganhos térmicos internos médios/área útil pavimento (q_i)		4	W/m ²
Temperatura média do ar exterior (θ_{atm})		19	°C
Altitude		< 400	m
Intensidade média de radiação solar (I_r)	Orientação		
	N	200	-
	E	420	
	S	380	
	W	420	

3.6. Verificação dos requisitos mínimos de qualidade térmica

Para que a verificação dos requisitos mínimos seja regulamentar é necessário identificar para cada elemento da envolvente o seu coeficiente de transmissão térmico (U), calculado anteriormente nos capítulos 3.4.1 a 3.4.4, e que este seja inferior ao valor máximo admitido para esse mesmo elemento da envolvente. Os coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos são retirados do Quadro IX.1 do RCCTE. De notar, que para as pontes térmicas planas (zona não corrente), o coeficiente de transmissão térmico máximo regulamentar terá de ser o mínimo entre o dobro do coeficiente de transmissão térmica da zona corrente e o valor máximo admitido para o elemento homólogo em zona corrente. Assim, nenhum elemento opaco da envolvente, tanto em zona corrente como em zona não corrente, pode ter um coeficiente de transmissão térmico superior ao valor máximo admissível [14].

Para que a verificação dos requisitos mínimos dos envidraçados aplicados na fracção autónoma seja regulamentar é necessário que o tipo de protecção solar utilizada, consoante os valores de factor solar de vãos com protecção solar activada a 100% e vidro incolor corrente, retirado do Quadro V.4 do RCCTE, não exceda o factor solar máximo admissível, retirado do Quadro IX.2 do RCCTE, desde que os envidraçados possuam uma área total superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servem e desde que não se encontrem orientados a Norte. De referir, que o valor do factor solar máximo admissível depende da zona climática de Verão e da classe de inércia térmica da fracção autónoma, a qual se encontra devidamente calculada no capítulo 3.7.2 [14].

Os valores máximos admissíveis de N_{ic} e N_{vc} , calculados e explicados nos capítulos 3.8.1 e 3.8.2, respectivamente, devem ser satisfeitos sem que sejam ultrapassados os valores limites máximos admissíveis para os coeficientes de transmissão térmica superficial (U) e o factor solar dos vãos envidraçados (g_{\perp}) [14].

Assim, para o edifício em estudo e segundo as soluções construtivas adoptadas para a envolvente opaca e para os envidraçados, a verificação dos requisitos mínimos admissíveis para os coeficientes de transmissão térmica da envolvente opaca e para o factor solar dos vãos envidraçados encontram-se nos seguintes quadros.

- a) Zona 1:
- Solução construtiva 1:

Quadro 3.28 – Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 1)

Solução Adoptada	U (W/m².°C)	Valor Máximo Regulamentar	Observações
Exterior			
Paredes exteriores em zona corrente	0,57	1,80	Regulamentar
Ponte térmica plana em zona corrente	0,75	1,14	Regulamentar
Interior			
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Quarto 1.5 e Patim	0,54	2,00	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala/Hall e Caixa de Elevador	0,68	2,00	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala e Edifício Adjacente	0,54	2,00	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Sala e Edifício Adjacente	0,70	1,07	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Instalações sanitárias e cozinha	0,66	1,65	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Sala, quartos e hall	0,60	1,65	Regulamentar
Factor solar (g)	0,09	0,5	Regulamentar

Quadro 3.29 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 3)

Solução Adoptada	U (W/m².°C)	Valor Máximo Regula- mentar	Observações
Exterior			
Paredes exteriores em zona corrente	0,57	1,80	Regulamentar
Ponte térmica plana em zona corrente	0,75	1,14	Regulamentar
Interior			
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Cozinha e Patim	0,54	2,00	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Cozinha e Patim	0,70	1,07	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala e Edifício Adjacente	0,54	2,00	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Sala e Edifício Adjacente	0,70	1,07	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala/Hall e Caixa de Elevador	0,68	2,00	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Instalações sanitárias e cozinha	0,66	1,65	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Sala, quartos e hall	0,60	1,65	Regulamentar
Factor solar (g)	0,09	0,5	Regulamentar

Quadro 3.30 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 4)

Solução Adoptada	U (W/m².°C)	Valor Máximo Regula- mentar	Observações
Exterior			
Paredes exteriores em zona corrente	0,57	1,80	Regulamentar
Ponte térmica plana em zona corrente	0,75	1,14	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Exterior - Cobertura	0,71	1,25	Regulamentar
Interior			
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Cozinha e Patim	0,54	2,00	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Cozinha e Patim	0,70	1,07	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala e Edifício Adjacente	0,54	2,00	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Sala e Edifício Adjacente	0,70	1,07	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala/Hall e Caixa de Elevador	0,68	2,00	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Instalações sanitárias e cozinha	0,66	1,65	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Sala, quartos e hall	0,60	1,65	Regulamentar
Factor solar (g)	0,09	0,5	Regulamentar

- Solução construtiva 2:

Quadro 3.31 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 1)

Solução Adoptada	U (W/m².°C)	Valor Máximo Regula- mentar	Observações
Exterior			
Paredes exteriores em zona corrente	0,59	1,80	Regulamentar
Ponte térmica plana em zona corrente	0,75	1,19	Regulamentar
Interior			
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Quarto 1.5 e Patim	0,54	2,00	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala/Hall e Caixa de Elevador	0,68	2,00	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala e Edifício Adjacente	0,54	2,00	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Sala e Edifício Adjacente	0,70	1,07	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Instalações sanitárias e cozinha	0,49	1,65	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Sala, quartos e hall	0,47	1,65	Regulamentar
Factor solar (g)	0,09	0,5	Regulamentar

Quadro 3.32 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 3)

Solução Adoptada	U (W/m².°C)	Valor Máximo Regula- mentar	Observações
Exterior			
Paredes exteriores em zona corrente	0,59	1,80	Regulamentar
Ponte térmica plana em zona corrente	0,75	1,19	Regulamentar
Interior			
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Cozinha e Patim	0,54	2,00	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Cozinha e Patim	0,70	1,07	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala e Edifício Adjacente	0,54	2,00	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Sala e Edifício Adjacente	0,70	1,07	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala/Hall e Caixa de Elevador	0,68	2,00	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Instalações sanitárias e cozinha	0,49	1,65	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Sala, quartos e hall	0,47	1,65	Regulamentar
Factor solar (g)	0,09	0,5	Regulamentar

Quadro 3.33 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 4)

Solução Adoptada	U (W/m².°C)	Valor Máximo Regula- mentar	Observações
Exterior			
Paredes exteriores em zona corrente	0,59	1,80	Regulamentar
Ponte térmica plana em zona corrente	0,75	1,19	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Exterior - Cobertura	0,38	1,25	Regulamentar
Interior			
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Cozinha e Patim	0,54	2,00	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Cozinha e Patim	0,70	1,07	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala e Edifício Adjacente	0,54	2,00	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Sala e Edifício Adjacente	0,70	1,07	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala/Hall e Caixa de Elevador	0,68	2,00	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Instalações sanitárias e cozinha	0,49	1,65	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Sala, quartos e hall	0,47	1,65	Regulamentar
Factor solar (g)	0,09	0,5	Regulamentar

- Solução construtiva 3:

Quadro 3.34 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 1)

Solução Adoptada	U (W/m².°C)	Valor Máximo Regula- mentar	Observações
Exterior			
Paredes exteriores em zona corrente	1,07	1,80	Regulamentar
Ponte térmica plana em zona corrente	0,93	1,80	Regulamentar
Interior			
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Quarto 1.5 e Patim	1,56	2,00	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala/Hall e Caixa de Elevador	0,68	2,00	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala e Edifício Adjacente	1,56	2,00	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Sala e Edifício Adjacente	0,72	2,00	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Instalações sanitárias e cozinha	0,49	1,65	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Sala, quartos e hall	0,47	1,65	Regulamentar
Factor solar (g)	0,09	0,5	Regulamentar

Quadro 3.35 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 3)

Solução Adoptada	U (W/m².°C)	Valor Máximo Regula- mentar	Observações
Exterior			
Paredes exteriores em zona corrente	1,07	1,80	Regulamentar
Ponte térmica plana em zona corrente	0,93	1,80	Regulamentar
Interior			
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Cozinha e Patim	1,56	2,00	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Cozinha e Patim	0,72	2,00	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala e Edifício Adjacente	1,56	2,00	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Sala e Edifício Adjacente	0,72	2,00	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala/Hall e Caixa de Elevador	0,68	2,00	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Instalações sanitárias e cozinha	0,49	1,65	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Sala, quartos e hall	0,47	1,65	Regulamentar
Factor solar (g)	0,09	0,5	Regulamentar

Quadro 3.36 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 4)

Solução Adoptada	U (W/m².°C)	Valor Máximo Regula- mentar	Observações
Exterior			
Paredes exteriores em zona corrente	1,07	1,80	Regulamentar
Ponte térmica plana em zona corrente	0,93	1,80	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Exterior - Cobertura	0,38	1,25	Regulamentar
Interior			
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Cozinha e Patim	1,56	2,00	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Cozinha e Patim	0,72	2,00	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala e Edifício Adjacente	1,56	2,00	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Sala e Edifício Adjacente	0,72	2,00	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala/Hall e Caixa de Elevador	0,68	2,00	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Instalações sanitárias e cozinha	0,49	1,65	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Sala, quartos e hall	0,47	1,65	Regulamentar
Factor solar (g)	0,09	0,5	Regulamentar

b) Zona 2:

- Solução construtiva 1:

Quadro 3.37 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 1)

Solução Adoptada	U (W/m².°C)	Valor Máximo Regula- mentar	Observações
Exterior			
Paredes exteriores em zona corrente	0,57	1,45	Regulamentar
Ponte térmica plana em zona corrente	0,75	1,14	Regulamentar
Interior			
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Quarto 1.5 e Patim	0,54	1,90	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala/Hall e Caixa de Elevador	0,68	1,90	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala e Edifício Adjacente	0,54	1,90	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Sala e Edifício Adjacente	0,70	1,07	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Instalações sanitárias e cozinha	0,66	1,20	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Sala, quartos e hall	0,60	1,20	Regulamentar
Factor solar (g)	0,09	0,56	Regulamentar

Quadro 3.38 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 3)

Solução Adoptada	U (W/m².°C)	Valor Máximo Regula- mentar	Observações
Exterior			
Paredes exteriores em zona corrente	0,57	1,45	Regulamentar
Ponte térmica plana em zona corrente	0,75	1,14	Regulamentar
Interior			
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Cozinha e Patim	0,54	1,90	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Cozinha e Patim	0,70	1,07	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala e Edifício Adjacente	0,54	1,90	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Sala e Edifício Adjacente	0,70	1,07	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala/Hall e Caixa de Elevador	0,68	1,90	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Instalações sanitárias e cozinha	0,66	1,20	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Sala, quartos e hall	0,60	1,20	Regulamentar
Factor solar (g)	0,09	0,56	Regulamentar

Quadro 3.39 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 4)

Solução Adoptada	U (W/m².°C)	Valor Máximo Regula- mentar	Observações
Exterior			
Paredes exteriores em zona corrente	0,57	1,45	Regulamentar
Ponte térmica plana em zona corrente	0,75	1,14	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Exterior - Cobertura	0,71	0,90	Regulamentar
Interior			
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Cozinha e Patim	0,54	1,90	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Cozinha e Patim	0,70	1,07	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala e Edifício Adjacente	0,54	1,90	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Sala e Edifício Adjacente	0,70	1,07	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala/Hall e Caixa de Elevador	0,68	1,90	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Instalações sanitárias e cozinha	0,66	1,20	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Sala, quartos e hall	0,60	1,20	Regulamentar
Factor solar (g)	0,09	0,56	Regulamentar

- Solução construtiva 2:

Quadro 3.40 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 1)

Solução Adoptada	U (W/m².°C)	Valor Máximo Regula- mentar	Observações
Exterior			
Paredes exteriores em zona corrente	0,59	1,45	Regulamentar
Ponte térmica plana em zona corrente	0,75	1,19	Regulamentar
Interior			
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Quarto 1.5 e Patim	0,54	1,90	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala/Hall e Caixa de Elevador	0,68	1,90	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala e Edifício Adjacente	0,54	1,90	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Sala e Edifício Adjacente	0,70	1,07	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Instalações sanitárias e cozinha	0,49	1,20	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Sala, quartos e hall	0,47	1,20	Regulamentar
Factor solar (g)	0,09	0,56	Regulamentar

Quadro 3.41 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (piso 3)

Solução Adoptada	U (W/m².°C)	Valor Máximo Regula- mentar	Observações
Exterior			
Paredes exteriores em zona corrente	0,59	1,45	Regulamentar
Ponte térmica plana em zona corrente	0,75	1,19	Regulamentar
Interior			
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Cozinha e Patim	0,54	1,90	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Cozinha e Patim	0,70	1,07	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala e Edifício Adjacente	0,54	1,90	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Sala e Edifício Adjacente	0,70	1,07	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala/Hall e Caixa de Elevador	0,68	1,90	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Instalações sanitárias e cozinha	0,49	1,20	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Sala, quartos e hall	0,47	1,20	Regulamentar
Factor solar (g)	0,09	0,56	Regulamentar

Quadro 3.42 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (piso 4)

Solução Adoptada	U (W/m².°C)	Valor Máximo Regula- mentar	Observações
Exterior			
Paredes exteriores em zona corrente	0,59	1,45	Regulamentar
Ponte térmica plana em zona corrente	0,75	1,19	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Exterior - Cobertura	0,38	0,90	Regulamentar
Interior			
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Cozinha e Patim	0,54	1,90	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Cozinha e Patim	0,70	1,07	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala e Edifício Adjacente	0,54	1,90	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Sala e Edifício Adjacente	0,70	1,07	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala/Hall e Caixa de Elevador	0,68	1,90	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Instalações sanitárias e cozinha	0,49	1,20	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Sala, quartos e hall	0,47	1,20	Regulamentar
Factor solar (g)	0,09	0,56	Regulamentar

- Solução construtiva 3:

Quadro 3.43 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 1)

Solução Adoptada	U (W/m².°C)	Valor Máximo Regula- mentar	Observações
Exterior			
Paredes exteriores em zona corrente	1,07	1,45	Regulamentar
Ponte térmica plana em zona corrente	0,93	1,45	Regulamentar
Interior			
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Quarto 1.5 e Patim	1,56	1,90	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala/Hall e Caixa de Elevador	0,68	1,90	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala e Edifício Adjacente	1,56	1,90	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Sala e Edifício Adjacente	0,72	1,90	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Instalações sanitárias e cozinha	0,49	1,20	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Sala, quartos e hall	0,47	1,20	Regulamentar
Factor solar (g)	0,09	0,56	Regulamentar

Quadro 3.44 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (pisos 3)

Solução Adoptada	U (W/m².°C)	Valor Máximo Regula- mentar	Observações
Exterior			
Paredes exteriores em zona corrente	1,07	1,45	Regulamentar
Ponte térmica plana em zona corrente	0,93	1,45	Regulamentar
Interior			
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Cozinha e Patim	1,56	1,90	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Cozinha e Patim	0,72	1,90	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala e Edifício Adjacente	1,56	1,90	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Sala e Edifício Adjacente	0,72	1,90	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala/Hall e Caixa de Elevador	0,68	1,90	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Instalações sanitárias e cozinha	0,49	1,20	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Sala, quartos e hall	0,47	1,20	Regulamentar
Factor solar (g)	0,09	0,56	Regulamentar

Quadro 3.45 - Verificação dos requisitos mínimos admissíveis (piso 4)

Solução Adoptada	U (W/m².°C)	Valor Máximo Regula- mentar	Observações
Exterior			
Paredes exteriores em zona corrente	1,07	1,45	Regulamentar
Ponte térmica plana em zona corrente	0,93	1,45	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Exterior - Cobertura	0,38	0,90	Regulamentar
Interior			
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Cozinha e Patim	1,56	1,90	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Cozinha e Patim	0,72	1,90	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala e Edifício Adjacente	1,56	1,90	Regulamentar
Ponte Térmica Plana - Pilares - Sala e Edifício Adjacente	0,72	1,90	Regulamentar
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Sala/Hall e Caixa de Elevador	0,68	1,90	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Instalações sanitárias e cozinha	0,49	1,20	Regulamentar
Pavimentos em Contacto com o Interior - Sala, quartos e hall	0,47	1,20	Regulamentar
Factor solar (g)	0,09	0,56	Regulamentar

3.7. Parâmetros utilizados nos cálculos dos índices N₀

3.7.1. Factor de forma

O factor de forma (FF) de um edifício ou fracção autónoma é definido como o quociente entre o somatório das áreas da envolvente exterior (A_{ext}) e interior (A_{int}) afectadas do coeficiente τ , através das quais se verificam trocas de calor, e o respectivo volume interior (V). O cálculo do factor de forma encontra-se na folha de cálculo FCIV.1f e é calculado de acordo com a seguinte expressão [14]:

$$FF = \frac{(\sum A_{ext}) + \sum_i (\tau \cdot A_{int})_i}{V} \quad (3.3)$$

em que:

$\sum A_{ext}$ – soma da área de todos os elementos da envolvente exterior, nomeadamente, paredes, envidraçados e pavimentos;

$\sum A_{int}$ – soma da área dos elementos da envolvente interior com o mesmo coeficiente τ ;

τ – coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos;

V – volume interior.

3.7.2. Inércia térmica

A inércia térmica é a capacidade de um elemento armazenar calor e apenas libertá-lo ao fim de um determinado período de tempo e é função da capacidade calorífica que os locais apresentam, estando dependente da massa superficial útil de cada um dos elementos da construção. A inércia térmica pode ser utilizada para absorver os ganhos de calor durante o dia, quando são menos necessários (Inverno) ou indesejáveis (Verão), reduzindo assim a carga de arrefecimento, e libertá-los à noite, quando são mais necessários (Inverno) ou menos prejudiciais (Verão), possibilitando assim também reduzir a carga de aquecimento [14][18].

No Verão é possível utilizar a massa térmica das construções como um meio passivo de reduzir as cargas térmicas de arrefecimento. Se o edifício possuir uma boa inércia térmica, os ganhos de calor absorvidos durante o dia são armazenados nas paredes e a temperatura do ar interior pouco ou nada se altera. Este calor acumulado nas paredes é libertado à noite, o que provoca um aumento da temperatura do ar interior. Este aumento da temperatura do ar interior pode ser excessivo e provocar algum desconforto, mas devido ao ar exterior normalmente já se encontrar a uma temperatura mais baixa, é possível atenuá-lo através de ventilação natural. É assim possível existir uma maior estabilização das temperaturas interiores relativamente às oscilações térmicas do exterior, permitindo assim uma melhor e menor utilização da energia de climatização e consequentemente um menor consumo energético [18].

A massa superficial útil por metro quadrado de área útil de pavimento (I_t) é calculada pela seguinte expressão [21]:

$$I_t = \frac{\sum M_{si} \cdot S_i \cdot r_i}{A_p} \quad (3.4)$$

em que:

M_{si} – massa superficial útil do elemento i (kg/m^2);

S_i – área da superfície interior do elemento i (m^2);

r_i – factor de redução que toma em conta a influência dos revestimentos superficiais interiores com propriedades de “isolamento térmico”¹²;
 A_p – área útil de pavimento (m^2).

Descoberto o valor da massa superficial útil por metro quadrado de área útil de pavimento (I_t), as classes de inércia térmica são definidas no RCCTE do seguinte modo [21]:

$$\begin{cases} I_t < 150 \text{ kg} / \text{m}^2 & \rightarrow \text{Classe fraca} \\ 150 \leq I_t \leq 400 \text{ kg} / \text{m}^2 & \rightarrow \text{Classe média} \\ I_t > 400 \text{ kg} / \text{m}^2 & \rightarrow \text{Classe forte} \end{cases} \quad (3.5)$$

A inércia térmica depende bastante da massa da construção que se encontra exposta ao ambiente interior, ou seja, que se encontra do lado interior do isolamento térmico. Deste modo, a massa superficial útil (M_{si}) dos elementos de construção intervenientes para a inércia térmica depende da massa total por unidade de área do elemento (m_t), da sua localização no edifício, da sua constituição, especialmente do posicionamento e características do isolamento térmico utilizado e ainda das características térmicas do revestimento superficial interior utilizado [14][18].

Os critérios regulamentares, relativamente às massas superficiais úteis, para os diferentes tipos de elementos dependem da posição do isolamento térmico. Para o cálculo da massa (m_i ou m_t) de cada elemento, foi necessário consultar o ITE 50 para obter os valores do peso específico (ρ) e o ITE 12 para obter directamente os valores da massa das alvenarias de tijolo. Os valores do factor de redução r_i são em função da qualidade térmica dos revestimentos superficiais interiores.

Os cálculos da massa útil de cada elemento da construção e da inércia térmica de cada fracção autónoma encontram-se no Anexo I.

3.7.3. Coeficiente de transmissão térmica linear (ψ)

Para o cálculo das pontes térmicas lineares é necessário recorrer ao coeficiente de transmissão térmica linear (ψ). Este coeficiente traduz a taxa de transferência de calor por metro quadrado de desenvolvimento de uma ponte térmica linear e para uma dife-

¹² Material de condutibilidade térmica inferior a $0,065 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, com uma espessura que conduza a uma resistência térmica superior a $0,30 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ [21]

rença unitária de temperatura entre os ambientes interior e exterior. As pontes térmicas lineares consideradas mais representativas, com diferentes possibilidades de localização do isolamento térmico, e os respectivos coeficientes de transmissão térmica linear encontram-se na Tabela IV.3 do RCCTE. Nos casos das pontes térmicas lineares que não se encontram no regulamento pode utilizar-se um valor convencional ($\psi = 0,5 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$) [18].

A contabilização das pontes térmicas lineares é efectuada na folha de cálculo FCIV.1a do RCCTE. Das várias pontes térmicas lineares listadas no RCCTE, apresentam-se no Anexo II apenas aquelas que se identificam nas fracções autónomas em estudo.

3.7.4. Ventilação – Taxa de renovação horária nominal (R_{ph})

Os edifícios devem ser ventilados permanentemente por um caudal mínimo de ar, mesmo nos períodos em que a temperatura exterior obriga a manter as janelas fechadas, de modo a contribuir para as condições de higiene e salubridade do ar interior e também para o conforto dos ocupantes. Os edifícios podem ser ventilados por via natural, mais comum nos edifícios residenciais, ou por via mecânica, mais comum em edifícios de serviço providos de sistemas de climatização centralizados, ou ainda por uma combinação destes dois processos. Porém, os caudais de ventilação devem ser reduzidos, sempre que possível, ao mínimo necessário de modo a satisfazer as condições de ventilação do edifício, pois são uma fonte de trocas de calor entre o ambiente interior e o exterior e consequentemente de aumentos no consumo de energia para manter as condições interiores nos níveis de conforto programados. De notar, que os vãos envidraçados de uma fracção autónoma devem estar localizados em fachadas de orientação diferente, permitindo deste modo o aproveitamento da diferença de pressões provocada pela acção do vento, aumentando assim a eficácia da ventilação [14][18][22].

As infiltrações indesejadas de ar são uma perda de energia, pois requerem aquecimento ou arrefecimento. A infiltração natural de ar pode fornecer alguma ventilação necessária aos edifícios. No entanto, esta ventilação natural pode conduzir a grandes perdas de calor devido às constantes trocas de ar [3].

O caudal-tipo, sendo apenas um caudal de dimensionamento e não o caudal que deve ser assegurado realmente, é calculado com base no volume dos compartimentos a ventilar e nas respectivas exigências mínimas de renovação de ar (uma renovação por

hora nos compartimentos principais e quatro renovações por hora nos compartimentos de serviço) [22].

A velocidade e rumos predominantes do vento influenciam as possibilidades de ventilação, o comportamento térmico, o controle de humidades e a forma como as estruturas dos edifícios podem ser solicitadas. De notar, que é extremamente difícil prever a velocidade e a direcção do vento num determinado local devido à sua aleatoriedade, pois a acção do vento depende da velocidade do mesmo, da topografia do local, da proximidade do mar, da existência de obstáculos isolados, da rugosidade aerodinâmica do terreno e da cota da janela acima do solo, sendo esta medida desde a cota média do solo no local onde se encontra implantado o edifício até ao centro da janela. Deste modo, a exposição do edifício ao vento condiciona o desempenho das portas e janelas relativamente à permeabilidade ao ar. Relativamente às caixilharias existem quatro classes de permeabilidade ao ar (sem classificação, 1, 2 e 3), sendo esta classificação por ordem crescente de desempenho. A classe de permeabilidade ao ar da caixilharia deve ser comprovada por resultados de ensaios padronizados [18][21][22].

A metodologia de cálculo utilizada no RCCTE baseia-se na suposição de que o edifício ou fracção autónoma contém características construtivas ou dispositivos apropriados para garantirem a taxa de renovação mínima de ar necessária de $R_{ph} = 0,6 \text{ h}^{-1}$, quer seja através de ventilação natural ou mecânica. Sempre que o edifício ou fracção autónoma se encontre em conformidade com as disposições da norma NP 1037-1, considera-se que este possui ventilação natural e uma taxa de renovação horária nominal (R_{ph}) é de $0,6 \text{ h}^{-1}$. Se os únicos dispositivos de ventilação mecânica existentes no edifício ou fracção autónoma forem o exaustor da cozinha ou o ventilador da instalação sanitária, estes não são considerados pois o seu funcionamento é apenas pontual. De notar, que a ventilação natural apesar de não ter gastos energéticos possui um elevado grau de incerteza pois não garante taxas de renovação de ar constantes devido não só à aleatoriedade das acções do vento como também à atitude dos ocupantes face à abertura de portas e vãos envidraçados. Esta atitude dos ocupantes pode variar bastante, desde a abertura exagerada dos vãos, podendo originar desperdícios de energia importantes, até à quase inexistência de hábitos de arejamento, podendo originar ocorrência de condensações e deterioração da qualidade do ar interior. Este último caso tem actualmente uma importância maior devido ao progresso das caixilharias ao nível da estanqueidade ao ar. Assim sendo, a norma NP 1037-1 obriga a assegurar uma ventilação mínima nas fracções autónomas mesmo sem a intervenção dos ocupantes, recorrendo a aberturas específicas na envolvente do edifício com a intenção de existir

sempre alguma ventilação, mesmo estando dependente das condições exteriores, sendo designada de ventilação controlada. Segundo a folha de cálculo FCIV.4, a qual se encontra no Anexo II, considera-se que as fracções autónomas cumprem a norma NP 1037-1, logo $R_{ph} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ [14][18].

3.7.5. Factores solares F_0 e g_{\perp}

Relativamente aos factores solares F_0 e g_{\perp} existem dois tipos de cálculos distintos a considerar, isto é, os ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno), os quais se encontram representados na folha de cálculo FCIV.1e, e os ganhos solares pelos envidraçados exteriores na estação de arrefecimento (Verão), os quais se encontram representados na folha de cálculo FCV.1d. Relativamente ao cálculo dos factores solares F_0 , existem dois métodos possíveis, o método detalhado e o método simplificado, sendo que foi utilizado o método detalhado para as duas estações. No cálculo do factor solar do vão envidraçado é necessário ainda satisfazer os requisitos mínimos da envolvente, referido anteriormente no capítulo 3.6. De notar, que quanto mais baixo for o factor solar, menores são os ganhos solares pelo envidraçado. As folhas de cálculo referidas encontram-se no Anexo II [21].

Em primeiro lugar serão analisados os ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno), considerados na folha de cálculo FCIV.1e.

Relativamente ao factor solar do vão envidraçado (g_{\perp}), que representa a relação entre a energia solar transmitida para o interior através do vão envidraçado em relação à radiação solar incidente na direcção normal ao envidraçado, admite-se que no Inverno os estores exteriores encontram-se totalmente abertos de modo a otimizar o aproveitamento da radiação solar. Visto tratar-se de um edifício de apartamentos destinados a habitação, o factor solar do vão envidraçado a utilizar na estação de aquecimento é calculado admitindo, pelo menos, a existência de cortinas interiores muito transparentes, resultando então $g_{\perp} = 0,63$, consoante o Quadro V.4 do RCCTE [14][21].

O factor de obstrução (F_s) representa a redução na radiação solar que incide no vão envidraçado devido ao sombreamento permanente causado por diferentes obstáculos, tais como outros edifícios, palas, varandas, entre outros. No que diz respeito à determinação deste factor, utilizado na folha de cálculo acima mencionada, para a determinação dos ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados na estação de aquecimento é o produto do factor de sombreamento por elementos exteriores ao edi-

fício (F_h) pelos factores de sombreamento do próprio edifício (F_o e F_f), de acordo com a seguinte expressão [14][21]:

$$F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f \quad (3.6)$$

em que:

F_h – factor de sombreamento do horizonte devido a obstruções longínquas por elementos exteriores ao edifício (situados no interior de dois planos verticais que fazem 60° para cada um dos lados da normal ao envidraçado), sendo retirado da Tabela IV.5 do RCCTE, por interpolação se necessário. É calculado em função do ângulo de horizonte (α), latitude, orientação, clima do local e duração da estação de aquecimento. O ângulo de horizonte (α), medido a partir do ponto médio do vão envidraçado, deve ser calculado em cada edifício ou fracção autónoma para cada vão envidraçado, como demonstrado na Figura 3.5. Caso estes dados não estejam disponíveis, F_h deve ser calculado adoptando um valor de ângulo de horizonte de 45° para ambientes urbanos ou 20° para edifícios isolados fora das zonas urbanas.

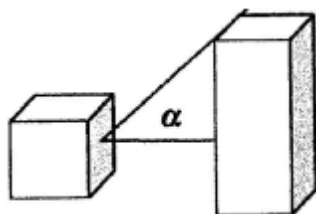


Figura 3.5 – Ângulo de horizonte (α) [14]

F_o – factor de sombreamento por elementos horizontais devido a obstruções por elementos adjacentes ao envidraçado, como palas, varandas ou toldos horizontais, e encontra-se tabelado no RCCTE na Tabela IV.6. É calculado em função do ângulo de incidência da radiação solar (α) que o elemento horizontal faz com o ponto médio do vão envidraçado, das características geométricas do elemento de sombreamento sobreposto ao vão envidraçado e da orientação deste. A Figura 3.6 demonstra como é efectuada a medição do ângulo deste factor.

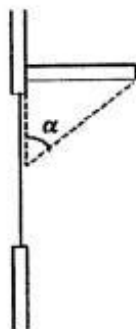


Figura 3.6 – Ângulo da pala horizontal (α) - Secção vertical [14]

F_f – factor de sombreamento por elementos verticais correspondente a obstruções por elementos adjacentes ao envidraçado, como palas verticais ou outros elementos com efeito semelhante, e encontra-se na Tabela IV.7 do RCCTE. É calculado em função do ângulo de incidência da radiação (β), medido a partir do ponto médio do vão envidraçado, das características geométricas do elemento de sombreamento sobreposto ao vão envidraçado e da orientação deste, como se verifica na Figura 3.7.

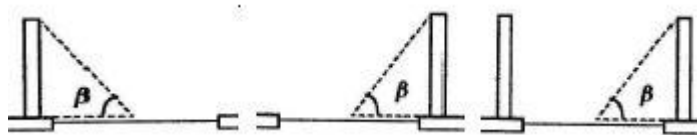


Figura 3.7 – Ângulo da pala vertical (β) - Secção horizontal [14]

Nos quadros que se seguem resume-se, para cada envidraçado, o valor dos vários factores de sombreamento:

Quadro 3.46 – Factores de sombreamento dos envidraçados no Inverno (pisso 1)

Orientação	Compartimento	α (F_h)	F_h	α (F_o)	F_o	β (F_f)	tipo	F_f	F_s
Oeste	Sala – esq.	45	0,58	22	0,88	19	_	0,91	0,46
Oeste	Sala – drt.	45	0,58	26	0,86	22	_	0,9	0,45
Oeste	Cozinha	45	0,58	36	0,80	45	_	0,8	0,37
Oeste	Suite	45	0,58	-	-	57	_	0,74	0,43
Este	I.S. 1.8	45	0,58	-	-	84	_	1,00	0,58
Este	Quarto 1.6	45	0,58	45	0,74	-	-	-	0,43
Este	Quarto 1.5	45	0,58	45	0,74	-	-	-	0,43

Quadro 3.47 - Factores de sombreamento dos envidraçados no Inverno (pisso 3)

Orientação	Compartimento	$\alpha (F_h)$	F_h	$\alpha (F_o)$	F_o	$\beta (F_f)$	tipo	F_f	F_s
Oeste	Sala – esq.	45	0,58	27	0,86	41	_	0,82	0,41
Oeste	Sala – drt.	45	0,58	24	0,87	13	_	0,94	0,47
Oeste	Suite	45	0,58	-	-	24	_	0,90	0,52
Oeste	Quarto 3.8	45	0,58	41	0,77	63	_	0,72	0,32
Norte	I.S. 3.9	45	0,58	-	-	-	-	-	0,52
Este	Quarto 3.6	45	0,58	-	-	14	_	0,94	0,55
Este	Quarto 3.5	45	0,58	40	0,77	32	_	0,86	0,38
Este	Cozinha	45	0,58	30	0,84	48	_	0,78	0,38

Quadro 3.48 - Factores de sombreamento dos envidraçados no Inverno (pisso 4)

Orientação	Compartimento	$\alpha (F_h)$	F_h	$\alpha (F_o)$	F_o	$\beta (F_f)$	tipo	F_f	F_s
Oeste	Sala – esq.	45	0,58	-	-	19	_	0,91	0,53
Oeste	Sala – drt.	45	0,58	-	-	22	_	0,90	0,52
Oeste	Suite	45	0,58	-	-	24	_	0,90	0,52
Oeste	Quarto 4.8	45	0,58	-	-	63	_	0,72	0,42
Norte	I.S. 4.9	45	0,58	-	-	-	-	-	0,52
Este	Quarto 4.6 – esq.	45	0,58	-	-	50	_	1,00	0,58
Este	Quarto 4.6 – drt.	45	0,58	-	-	29	_	0,87	0,50
Este	Quarto 4.5	45	0,58	39	0,78	32	_	0,86	0,39
Este	Cozinha	45	0,58	23	0,88	48	_	0,78	0,40

De notar, que nos casos em que não existam quaisquer palas de sombreamento (horizontais e verticais), de modo a contabilizar o efeito do sombreamento do contorno do vão envidraçado, deve ser considerado o produto [21]:

$$F_o \cdot F_f = 0,90 \quad (3.7)$$

O valor da energia solar média que incide sobre uma superfície vertical a Sul (G_{sul}), é fornecido pelo RCCTE em função da zona climática de Inverno onde se encontra o edifício. Se o vão envidraçado tiver outra orientação que não a Sul, é ainda necessário multiplicar este valor por um factor de orientação (X_j). Este factor é retirado do Quadro IV.4 do RCCTE consoante a orientação dos envidraçados. De modo a considerar o facto de se verificar sempre radiação incidente difusa e reflectida nos envidraçados, o RCCTE estabelece que, em caso nenhum, o produto do factor de orientação (X_j) pelo factor de obstrução F_s deve ser inferior a 0,27 [14][21]:

$$X_j \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f \geq 0,27 \quad (3.8)$$

Existem ainda mais dois factores, o factor da fracção envidraçada (F_g) e o factor de correcção da selectividade angular dos envidraçados (F_w). O factor da fracção envidraçada representa a redução da transmissão da energia solar associada à existência da caixilharia, sendo dada pela relação entre a área envidraçada e a área total do vão envidraçado. Este valor pode ser retirado do Quadro IV.5 do RCCTE. Por sua vez, o factor de utilização de correcção da selectividade angular dos envidraçados representa a redução dos ganhos solares causada pela variação das propriedades do vidro com o ângulo de incidência da radiação solar directa. No cálculo das necessidades nominais de aquecimento, este factor toma o valor de 0,9 tanto para vidros simples como duplos [14].

Em segundo lugar foram analisados os ganhos solares na estação de arrefecimento (Verão), considerados na folha de cálculo FC V.1d.

Nesta estação, o factor solar do vão envidraçado deve ser tomado com dispositivos de sombreamento móveis activos a 70%. Assim sendo, o factor solar do vão envidraçado resulta da soma de 30% do factor solar do vidro ($g_{\perp v}$) com 70% do factor solar do vão envidraçado com a protecção solar móvel actuada (g'_{\perp}). Os valores de $g_{\perp v}$ e g'_{\perp} são retirados dos Quadros IV.4.1 e V.4 do RCCTE, respectivamente. O factor solar para o Verão é calculado pela seguinte expressão [14][21]:

$$g_{\perp} = 0,3 g_{\perp v} + 0,7 g'_{\perp} \quad (3.9)$$

A determinação do factor de obstrução (F_s) dos vãos envidraçados no Verão, utilizado na folha de cálculo FCV.1d para o cálculo dos ganhos solares pelos envidraçados exteriores na estação de arrefecimento, é, tal como na estação de aquecimento, o produto do factor de sombreamento por elementos exteriores ao edifício (F_h) pelos factores de sombreamento por elementos horizontais (F_o) e verticais (F_f) do próprio edifício. Na estação de arrefecimento o factor F_h considera-se igual a 1, isto devido a considerar-se que a fachada do edifício não é sombreada nesta estação. Os factores solares na estação de Verão são diferentes dos utilizados na estação de Inverno, devido ao facto de o sol descrever uma trajectória distinta em cada estação. Os valores dos factores F_o e F_f , para a situação de Verão, são então retirados dos Quadros V.1 e V.2 do RCCTE, respectivamente [14].

Nos quadros que se seguem resume-se, para cada envidraçado, os factores de sombreamento e factor de obstrução de vãos envidraçados no Verão, bem como os valores dos diversos ângulos:

Quadro 3.49 - Factores de sombreamento dos envidraçados no Verão (pisos 1)

Direcção	Compartimento	F_h	$\alpha (F_o)$	F_o	$\beta (F_f)$	tipo	F_f	F_s
Oeste	Sala – esq.	1,00	22	0,82	19	_	0,94	0,77
Oeste	Sala – drt.	1,00	26	0,78	22	_	0,93	0,73
Oeste	Cozinha	1,00	36	0,71	45	_	0,92	0,65
Oeste	Suite	1,00	-	1,00	57	_	0,87	0,87
Este	I.S. 1.8	1,00	-	1,00	84	_	0,86	0,86
Este	Quarto 1.6	1,00	45	0,64	-	-	1,00	0,64
Este	Quarto 1.5	1,00	36	0,71	-	-	1,00	0,71

Quadro 3.50 - Factores de sombreamento dos envidraçados no Verão (pisos 3)

Orientação	Compartimento	F_h	$\alpha (F_o)$	F_o	$\beta (F_f)$	tipo	F_f	F_s
Oeste	Sala – esq.	1,00	27	0,78	41	_	0,91	0,71
Oeste	Sala – drt.	1,00	24	0,8	13	_	0,96	0,77
Oeste	Suite	1,00	-	1,00	24	_	0,97	0,97
Oeste	Quarto 3.8	1,00	41	0,67	63	_	0,95	0,64
Norte	I.S. 3.9	1,00	-	1,00	-	-	1,00	1,00
Este	Quarto 3.6	1,00	-	1,00	24	_	0,97	0,97
Este	Quarto 3.5	1,00	39	0,68	32	_	0,96	0,65
Este	Cozinha	1,00	23	0,81	48	_	0,91	0,74

Quadro 3.51 - Factores de sombreamento dos envidraçados no Verão (pisos 4)

Orientação	Compartimento	F_h	$\alpha (F_o)$	F_o	$\beta (F_f)$	tipo	F_f	F_s
Oeste	Sala – esq.	1,00	29	0,76	19	_	0,94	0,71
Oeste	Sala – drt.	1,00	30	0,75	22	_	0,93	0,70
Oeste	Suite	1,00	-	1,00	24	_	0,97	0,97
Oeste	Quarto 4.8	1,00	-	1,00	63	_	0,95	0,95
Norte	I.S. 4.9	1,00	-	1,00	-	-	1,00	1,00
Este	Quarto 4.6 – esq.	1,00	16	0,87	50	_	0,91	0,79
Este	Quarto 4.6 – drt.	1,00	16	0,87	29	_	0,96	0,84
Este	Quarto 4.5	1,00	39	0,68	32	_	0,96	0,65
Este	Cozinha	1,00	23	0,81	48	_	0,91	0,74

Relativamente ao factor da fracção envidraçada (F_g) pode ser obtido na mesma do Quadro IV.5 do RCCTE. Quanto ao factor de correcção da selectividade angular dos envidraçados (F_w), para a situação de Verão, retira-se do Quadro V.3 do RCCTE, segundo a orientação do envidraçado [21].

3.8. Cálculo das necessidades de energia

Nesta secção será demonstrado o método de cálculo das necessidades de aquecimento (N_{ic}), das necessidades de arrefecimento (N_{vc}), das necessidades de energia para preparação das águas quentes sanitárias (N_{ac}) e das necessidades globais de energia primária (N_{tc}).

3.8.1. Método de cálculo das necessidades de aquecimento (N_{ic})

As necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) não devem exceder o valor máximo admissível (N_i).

As necessidades nominais de aquecimento de um edifício ou fracção autónoma correspondem à energia útil que é necessária fornecer-lhe de modo a manter permanentemente no seu interior a temperatura de referência definida no RCCTE (20 °C) durante toda a estação convencional de aquecimento¹³. O valor das necessidades nominais de aquecimento, calculado para as condições de referência, para além de prever aproximadamente as necessidades energéticas de um edifício ou fracção autónoma permite ainda comparar edifícios ou fracções autónomas do ponto de vista térmico. De notar, que quanto maior for este valor mais frio será o edifício ou fracção autónoma no Inverno e consequentemente mais energia terá de ser consumida para atingir uma temperatura confortável. O valor calculado das necessidades nominais de aquecimento pode não representar o consumo real desse edifício ou fracção autónoma, visto que os ocupantes podem não impor permanentemente situações iguais às de referência, podendo assim ocorrer diferenças substanciais, tanto por excesso como por defeito, entre as condições reais e as admitidas como de referência no RCCTE [14].

Este método está definido de acordo com as disposições da norma europeia EN ISO 13790 e adaptado de modo a estar coerente com a realidade da construção e da prática e utilização dos edifícios em Portugal. Para simplificar o cálculo, todo o edifício ou fracção autónoma é considerado como uma única zona e todo mantido permanentemente à temperatura de referência (20 °C) [14].

As necessidades nominais de aquecimento resultam do valor integrado na estação de aquecimento da soma algébrica de três parcelas [14]:

- a) Perdas de calor por condução através da envolvente dos edifícios (Q_t);

¹³ Período do ano com início no primeiro decêndio posterior a 1 de Outubro em que, para cada localidade, a temperatura média diária é inferior a 15 °C e com termo no último decêndio anterior a 31 de Março em que a referida temperatura ainda é inferior a 15 °C [14]

- b) Perdas de calor resultantes da renovação de ar (Q_v);
- c) Ganhos de calor úteis (Q_{gu}), resultantes da iluminação, dos equipamentos, dos ocupantes e dos ganhos solares através dos envidraçados.

As necessidades anuais de aquecimento do edifício ou fracção autónoma (N_{ic}) são calculadas através da seguinte expressão [21]:

$$N_{ic} = \frac{Q_t + Q_v - Q_{gu}}{A_p} \quad (3.10)$$

em que A_p representa a área útil (m^2).

Na folha de cálculo FCIV.2 do Anexo II encontra-se o resultado final das necessidades anuais de aquecimento de cada fracção autónoma. A metodologia de cálculo para cada uma dos três termos acima identificados (Q_t , Q_v e Q_{gu}) é definida individualmente de seguida nos pontos 3.8.1.1 a 3.8.1.3.

3.8.1.1. Perdas de calor por condução através da envolvente (Q_t)

As perdas de calor pela envolvente durante a estação de aquecimento (Q_t), devidas à diferença de temperatura entre o interior e o exterior do edifício, resultam da soma de quatro parcelas [14]:

$$Q_t = Q_{ext} + Q_{lna} + Q_{pe} + Q_{pt} \quad (W) \quad (3.11)$$

em que:

Q_{ext} – perdas de calor instantâneas pelas zonas correntes das paredes, envidraçados, coberturas e pavimentos em contacto com o exterior (W);

Q_{lna} – perdas de calor instantâneas pelas zonas correntes das paredes, envidraçados e pavimentos em contacto com locais não aquecidos (W);

Q_{pe} – perdas de calor instantâneas pelos pavimentos e paredes em contacto com o solo (W);

Q_{pt} – perdas de calor instantâneas pelas pontes térmicas lineares existentes no edifício (W).

As perdas de calor instantâneas pelas zonas correntes das paredes, envidraçados, coberturas e pavimentos em contacto com o exterior (Q_{ext}) são calculadas, para cada um desses elementos, através da seguinte expressão [14]:

$$Q_{ext} = U \cdot A \cdot (\theta_i - \theta_{atm}) \quad (W) \quad (3.12)$$

em que:

U – coeficiente de transmissão térmica do elemento da envolvente ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);

A – área do elemento da envolvente medida pelo interior (m^2);

θ_i – temperatura do ar no interior do edifício ($20\ ^\circ C$);

θ_{atm} – temperatura do ar exterior ($^\circ C$).

Durante toda a estação de aquecimento, as perdas de calor pelas zonas correntes das paredes, envidraçados, coberturas e pavimentos em contacto com o exterior (Q_{ext}) são calculadas, para cada um desses elementos, através da seguinte expressão [14]:

$$Q_{ext} = 0,024 \cdot U \cdot A \cdot GD \quad (kWh) \quad (3.13)$$

em que:

0,024 – resultado obtido pela expressão: 24 horas / 1000;

GD – Graus-Dias de aquecimento (especificado para cada concelho no Quadro III.1 do RCCTE).

As perdas pelas zonas correntes das paredes, envidraçados e pavimentos que separam um espaço aquecido de um local não aquecido (Q_{lna}) são calculados, para cada um desses elementos, através da seguinte expressão [14]:

$$Q_{lna} = U \cdot A \cdot (\theta_i - \theta_a) \quad (W) \quad (3.14)$$

em que:

U – coeficiente de transmissão térmica do elemento da envolvente ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);

A – área do elemento da envolvente medida pelo interior (m^2);

θ_i – temperatura do ar no interior do edifício (20 °C);

θ_a – temperatura do ar do local não aquecido (°C).

A temperatura do ar do local não aquecido (θ_a) toma um valor intermédio entre a temperatura atmosférica exterior (θ_{atm}) e a temperatura da zona aquecida (θ_i), de acordo com a seguinte expressão [14]:

$$\theta_a = \theta_{atm} + (1 - \tau) \cdot (\theta_i - \theta_{atm}) \quad (W) \quad (3.15)$$

em que:

θ_a – temperatura do ar do local não aquecido (°C);

θ_{atm} – temperatura do ar exterior (°C);

θ_i – temperatura do ar no interior do edifício (20 °C);

τ – coeficiente de redução de perdas térmicas para locais não aquecidos.

Durante toda a estação de aquecimento, as perdas de calor pelas zonas correntes das paredes, envidraçados e pavimentos em contacto com locais não úteis (Q_{lna}) são calculadas, para cada um desses elementos, através da seguinte expressão [14]:

$$Q_{lna} = 0,024 \cdot U \cdot A \cdot GD \cdot \tau \quad (kWh) \quad (3.16)$$

As perdas unitárias de calor (por grau centígrado de diferença de temperatura entre os ambientes interior e exterior) através de elementos de construção em contacto com o terreno (L_{pe}) são calculadas, para cada um dos elementos, pela seguinte expressão [14]:

$$L_{pe} = \sum \psi_j \cdot B_j \quad (W / ^\circ C) \quad (3.17)$$

em que:

ψ_j – coeficiente de transmissão térmica linear do elemento j (W/m.°C);

B_j – perímetro do pavimento ou o desenvolvimento da parede, medido pelo interior do elemento j (m).

Durante toda a estação de aquecimento, as perdas de calor pelos pavimentos e paredes em contacto com o solo (Q_{pe}) são calculadas, para cada um desses elementos, através da seguinte expressão [14]:

$$Q_{pe} = 0,024 \cdot L_{pe} \cdot GD \quad (kWh) \quad (3.18)$$

em que GD é o numero de Graus-Dias de aquecimento, especificado para cada concelho no Quadro III.1 do RCCTE.

As perdas de calor lineares unitárias (por grau centígrado de diferença de temperatura entre os ambientes interior e exterior) através das pontes térmicas (L_{pt}) são calculadas, para cada um dos elementos, através da seguinte expressão [14]:

$$L_{pt} = \sum \psi_j \cdot B_j \quad (W/^{\circ}C) \quad (3.19)$$

em que:

ψ_j – coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica j (W/m.°C);

B_j – desenvolvimento linear (comprimento) da ponte térmica j (m).

Durante toda a estação de aquecimento, as perdas de calor pelas pontes térmicas lineares (Q_{pt}) são calculadas, para cada um desses elementos, através da seguinte expressão [14]:

$$Q_{pt} = 0,024 \cdot L_{pt} \cdot GD \quad (kWh) \quad (3.20)$$

em que GD é o numero de Graus-Dias de aquecimento, especificado para cada concelho no Quadro III.1 do RCCTE.

Os cálculos das perdas supracitadas encontram-se nas folhas de cálculo FCIV.1a, FCIV.1b, FCIV.1c no Anexo II.

3.8.1.2. Perdas de calor resultantes da renovação de ar (Q_v)

As perdas de calor por unidade de tempo correspondentes à renovação de ar interior (Q_v) são calculadas através expressão [21]:

$$Q_v = \rho \cdot C_p \cdot R_{ph} \cdot V \cdot (\theta_i - \theta_{atm}) / 3600 = 0,34 \cdot R_{ph} \cdot V \cdot (\theta_i - \theta_{atm}) \quad (W) \quad (3.21)$$

em que:

ρ – massa volúmica do ar (1,2191 kg/m³);

C_p – calor específico do ar (1005,6 J/Kg.°C);

R_{ph} – número de renovações horárias do ar interior (h⁻¹);

V – volume interior da fracção autónoma em m³ que, na generalidade dos casos, pode ser calculada como o produto da área útil de pavimento (A_p) pelo pé direito médio (P_d);

θ_i – temperatura interior de referência (20 °C);

θ_{atm} – temperatura do ar exterior (°C);

0,34 – resultado obtido pela expressão: $\rho \cdot C_p / 3600$.

Durante toda a estação de aquecimento, as perdas de calor resultantes da renovação de ar (Q_v) são calculadas através da seguinte expressão [14]:

$$Q_v = 0,024 \cdot (0,34 \cdot R_{ph} \cdot A_p \cdot P_d) \cdot GD \quad (kWh) \quad (3.22)$$

Os cálculos das perdas acima mencionadas encontram-se na folha de cálculo FCIV.1d no Anexo II.

3.8.1.3. Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento (Q_{gu})

Os ganhos térmicos a considerar no cálculo das necessidades nominais de aquecimento do edifício têm duas origens [14]:

- Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor (Q_i);
- Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar através dos vãos envidraçados (Q_s).

Os ganhos térmicos brutos (Q_g) são calculados com base na seguinte expressão [14]:

$$Q_g = Q_i + Q_s \quad (kWh) \quad (3.23)$$

Os ganhos térmicos internos (Q_i) incluem qualquer fonte de calor situada no espaço a aquecer, excluindo o sistema de aquecimento, tal como: ganhos de calor associados à actividade metabólica dos ocupantes e calor dissipado nos equipamentos e nos dispositivos de iluminação [21].

Durante toda a estação de aquecimento, os ganhos de calor resultantes de fontes internas (Q_i) são calculadas através da seguinte expressão [14]:

$$Q_i = q_i \cdot M \cdot A_p \cdot 0,720 \quad (kWh) \quad (3.24)$$

em que:

q_i – ganhos térmicos internos médios por unidade de área útil de pavimento (W/m^2), numa base de 24 h/dia, todos os dias do ano para os edifícios residenciais, e em cada dia em que haja ocupação para os edifícios de serviços (retirado do Quadro IV.3 do RCCTE);

M – duração média da estação convencional de aquecimento em meses (especificado para cada concelho no Quadro III.1 do RCCTE);

A_p – área útil de pavimento (m^2);

0,720 – resultado obtido através da expressão: (24 horas x 30 dias)/1000.

Os ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados (Q_s) são calculados, para cada um dos elementos, através da seguinte expressão [21]:

$$Q_s = G_{sul} \cdot \sum_j \left[X_j \cdot \sum_n A \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f \cdot F_g \cdot F_w \cdot g_{\perp nj} \right] \cdot M \quad (kWh) \quad (3.25)$$

em que:

G_{sul} – valor médio mensal da energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul de área unitária durante a estação de aquecimento ($kWh/m^2.mes$) (retirado do Quadro III.8 do RCCTE);

X_j – factor de orientação, para as diferentes posições (retirado do Quadro IV.4 do RCCTE);

A – área efectiva colectora da radiação solar da superfície n que tem a orientação j (m^2);

g_{\perp} – factor solar do vão envidraçado;

F_h – factor de sombreamento do horizonte por obstruções longínquas exteriores ao edifício ou por outros elementos do edifício;

F_o – factor de sombreamento por elementos horizontais sobrepostos ao envidraçado;

F_f – factor de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado;

F_g – fracção envidraçada;

F_w – factor de correcção da selectividade angular dos envidraçados;

M – duração média da estação convencional de aquecimento (meses) (retirado do Quadro III.1 do RCCTE).

Na estação de aquecimento (Inverno), o objectivo é manter a temperatura no interior do edifício igual à de referência (20 °C). De notar, que nem todos os ganhos térmicos brutos se traduzem num aquecimento útil do ambiente interior. Isto acontece quando ocorrem ganhos internos e solares excessivos, provocando em certos casos um aumento da temperatura interior acima da temperatura de referência, originando assim um sobreaquecimento interior. Deste modo, os ganhos indesejáveis são classificados como “ganhos não úteis” e os ganhos que efectivamente contribuem para o objectivo de manter a temperatura interior igual à de referência, são considerados “ganhos úteis”. Assim sendo, os ganhos térmicos brutos são convertidos em ganhos úteis (Q_{gu}) recorrendo ao factor de utilização dos ganhos térmicos (η), através da seguinte expressão [14][21]:

$$Q_{gu} = \eta \cdot Q_g \quad (kWh) \quad (3.26)$$

Este factor de utilização dos ganhos térmicos (η) é definido em função da inércia térmica do edifício ou fracção autónoma e da relação (γ) entre os ganhos térmicos brutos e as perdas térmicas totais, de acordo com as seguintes expressões representadas graficamente na Figura 3.8 [14][21]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} \quad se \quad \gamma \neq 1 \\ \eta = \frac{a}{a+1} \quad se \quad \gamma = 1 \end{array} \right. \quad (3.27)$$

em que a é um parâmetro que determina a forma da curva η - γ em função da inércia térmica do edifício:

$$a = \begin{cases} 1,8 - \text{edifícios com inércia térmica fraca} \\ 2,6 - \text{edifícios com inércia térmica média} \\ 4,2 - \text{edifícios com inércia térmica forte} \end{cases} \quad (3.28)$$

e:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos térmicos brutos}}{\text{Nec. brutas de aquecimento}} = \frac{Q_g}{Q_i + Q_v} \quad (3.29)$$

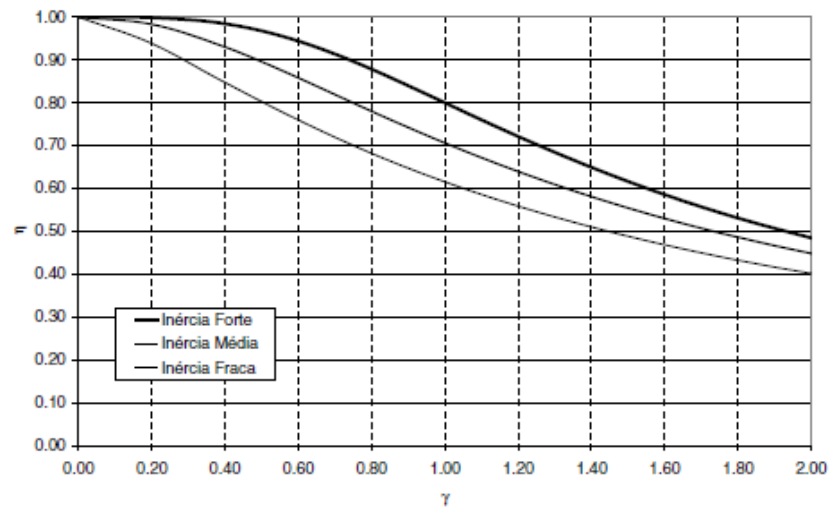


Figura 3.8 – Factor de utilização dos ganhos térmicos η em função do γ e da classe de inércia térmica [14]

De notar, que se deve evitar obter valores de γ elevados, que consequentemente originem valores de η inferiores a 0,8, pois estes podem provocar graves riscos de sobreaquecimento. De modo a tentar evitar estes problemas de sobreaquecimento, na estação de aquecimento, os vãos envidraçados devem dispor de meios eficazes de protecção solar [21].

Os cálculos das perdas acima mencionadas encontram-se na folha de cálculo FCIV.1e no Anexo II.

3.8.2. Método de cálculo das necessidades de arrefecimento (N_{vc})

As necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}) não devem exceder o valor máximo admissível (N_v).

Visto que, na estação de arrefecimento (Verão) a temperatura exterior é quase sempre maior que a temperatura interior, o objectivo é manter a temperatura de referência no interior do edifício (25 °C), evitando assim o sobreaquecimento. Os ganhos responsáveis pelos aumentos de temperatura interior acima do valor de referência (ganhos de calor não úteis) têm de ser retirados por sistemas de arrefecimento do ar. Assim, as necessidades nominais de arrefecimento de uma fracção autónoma correspondem à energia útil que é necessário retirar-lhe de modo a manter permanentemente no seu interior a temperatura de referência definida no RCCTE (25 °C) durante toda a estação convencional de arrefecimento¹⁴. Tal como acontece na estação de aquecimento, o valor das necessidades nominais de arrefecimento, calculado para as condições de referência, para além de prever aproximadamente as necessidades energéticas de um edifício ou fracção autónoma permite ainda comparar edifícios ou fracções autónomas do ponto de vista térmico. De notar, que quanto maior for este valor mais quente será o edifício ou fracção autónoma no Verão e consequentemente mais energia terá de ser consumida para atingi uma temperatura confortável. O valor calculado das necessidades nominais de arrefecimento pode não representar o consumo real desse edifício ou fracção autónoma, visto que os ocupantes podem não impor permanentemente situações iguais às de referência, podendo assim ocorrer diferenças substanciais, tanto por excesso como por defeito, entre as condições reais e as admitidas como de referência no RCCTE [14][21].

O método de cálculo preciso das necessidades de arrefecimento de uma fracção autónoma, exigido no regulamento de sistemas de climatização (RSECE), só é possível recorrendo a uma simulação dinâmica detalhada, devido à natureza altamente dinâmica dos fenómenos térmicos em causa. Para efeitos do RCCTE este cálculo é considerado muito complexo, utilizando-se assim uma metodologia de cálculo simpli-

¹⁴ Conjunto dos quatro meses de Verão (Junho, Julho, Agosto e Setembro) em que é maior a probabilidade de ocorrência de temperaturas exteriores elevadas que possam exigir arrefecimento ambiente em edifícios com pequenas cargas internas [14]

ficada, mas com resultados próximos do desejado neste regulamento. Esta metodologia é complementar à utilizada para o cálculo dos ganhos úteis no período de aquecimento (capítulo 3.8.1). De notar, que na estação de aquecimento os ganhos úteis contabilizados são os que não conduzem a um sobreaquecimento do espaço interior, por sua vez, na estação de arrefecimento são os ganhos não úteis que provocam as necessidades de arrefecimento. Assim sendo, para obter as necessidades nominais anuais de arrefecimento pode aplicar-se a mesma metodologia de cálculo para a fracção dos ganhos internos e solares úteis, adaptada às condições de referência interiores e exteriores de Verão, e afectando os ganhos internos, solares e através da envolvente opaca e transparente do factor $(1-\eta)$. Apesar de o coeficiente η ter o mesmo significado que o definido na situação de Inverno (capítulo 3.8.1.3), na situação de Verão, é calculado com base em condições distintas das utilizadas na estação de aquecimento. Assim, o factor de utilização dos ganhos térmicos (η) na estação de aquecimento é obtido a partir de um coeficiente γ calculado pela seguinte expressão [13][14][21]:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos totais brutos}}{\text{perdas térmicas totais}} = \frac{Q_i + Q_s + Q_{ar-Sol}}{Q_{ext} + Q_v} \quad (3.30)$$

em que:

Q_i – ganhos internos;

Q_s – ganhos solares através dos vãos envidraçados;

Q_{ar-Sol} – ganhos solares através da envolvente opaca;

Q_{ext} – perdas pela envolvente em contacto com o exterior;

Q_v – perdas por ventilação.

Devido à temperatura média exterior durante a estação de arrefecimento (θ_m) ser praticamente sempre inferior à temperatura interior de referência (θ_i), pode concluir-se que as cargas térmicas nesta estação resultam de um balanço de perdas e ganhos térmicos. As perdas térmicas são as perdas associadas aos elementos da envolvente exterior (Q_{ext}) e à renovação do ar (Q_v), enquanto os ganhos térmicos são associados às cargas internas (Q_i), aos ganhos solares pela envolvente opaca devido à incidência da radiação solar (Q_{ar-Sol}) e aos ganhos solares através dos envidraçados (Q_s). As necessidades anuais de arrefecimento do edifício ou fracção autónoma (N_{vc}) são calculadas através da seguinte expressão [21]:

$$N_{vc} = \frac{Q_g \cdot (1 - \eta)}{A_p} \quad (kWh / m^2 \cdot ano) \quad (3.31)$$

em que:

Q_g – ganhos totais brutos do edifício ou fracção autónoma (kWh);

η – factor de utilização dos ganhos solares e internos na estação de arrefecimento;

A_p – área útil de pavimento (m^2).

Os ganhos totais brutos resultam da soma das seguintes parcelas [21]:

- a) Ganhos solares pela envolvente opaca devido à incidência da radiação solar (Q_{ar-sol});
- b) Ganhos solares através dos vãos envidraçados (Q_s);
- c) Cargas devidas à renovação de ar (Q_v);
- d) Cargas internas, devidas aos ocupantes, aos equipamentos e à iluminação artificial (Q_i).

Na folha de cálculo FCV.1g do Anexo II encontra-se o resultado final das necessidades anuais de arrefecimento de cada fracção autónoma. A metodologia de cálculo para cada uma dos quatro termos acima identificados (Q_{opaco} , Q_s , Q_v e Q_i) é definida individualmente de seguida nos pontos 3.8.2.1 a 3.8.2.4, respectivamente.

3.8.2.1. Cargas através da envolvente opaca exterior (ganhos e perdas) **(Q_{opaco})**

As cargas através da envolvente opaca exterior são resultantes dos efeitos combinados da temperatura do ar exterior (T_{atm}) e da radiação solar incidente (G). Estas cargas são obtidas adoptando uma metodologia de cálculo simplificada baseada na “temperatura ar-Sol”, através da seguinte expressão [21]:

$$Q_{opaco} = U \cdot A \cdot (\theta_{ar-Sol} - \theta_i) = U \cdot A \cdot (\theta_{atm} - \theta_i) + U \cdot A \cdot \left(\frac{\alpha \cdot G}{h_e} \right) \quad (W) \quad (3.32)$$

em que:

U – coeficiente de transmissão térmica superficial do elemento da envolvente (W/m^2);

A – área do elemento da envolvente (m^2);

θ_{ar-Sol} – temperatura ar-Sol¹⁵ ($^{\circ}C$);

θ_i – temperatura do ambiente interior ($25^{\circ}C$);

θ_{atm} – temperatura do ar exterior ($^{\circ}C$);

α – coeficiente de absorção (para a radiação solar) da superfície exterior da parede (retirado do Quadro V.5 do RCCTE);

G – intensidade de radiação solar instantânea incidente em cada orientação (W/m^2);

h_e – condutância térmica superficial exterior do elemento da envolvente, que toma o valor de $25 W/m^2 \cdot ^{\circ}C$.

Durante a estação convencional de arrefecimento, Q_{opaco} é obtido pela integração dos ganhos instantâneos ao longo dos quatro meses em causa (122 dias), conduzindo assim à seguinte expressão [14]:

$$Q_{opaco} = 2,928 \cdot U \cdot A \cdot (\theta_m - \theta_i) + U \cdot A \cdot \left(\frac{\alpha \cdot I_r}{h_e} \right) = -Q_{ext} + Q_{ar-Sol} \quad (kWh) \quad (3.33)$$

em que:

2,928 – resultado obtido pela expressão: $(122 \text{ dias} \times 24 \text{ horas})/1000$;

θ_m – temperatura média do ar exterior na estação convencional de arrefecimento na zona climática de Verão onde se localiza o edifício ($^{\circ}C$) (retirado do Quadro III.9 do RCCTE);

I_r – intensidade média de radiação total incidente em cada orientação durante toda a estação de arrefecimento (kWh/m^2) (retirado do Quadro III.9 do RCCTE);

Q_{ext} – fluxo de calor devido à diferença de temperatura interior-exterior:
 $Q_{ext}=2,928 \cdot U \cdot A \cdot (\theta_m - \theta_i)$;

Q_{ar-Sol} – ganhos solares pela envolvente opaca devidos à incidência da radiação solar: $Q_{ar-Sol}=U \cdot A \cdot (\alpha \cdot I_r/h_e)$.

¹⁵ A temperatura fictícia que induz o mesmo efeito da radiação solar incidente e a temperatura do ar ambiente combinados: $Q_{ar-Sol} = \theta_{atm} + \alpha \cdot G/h_e$ [21]

Visto que para este cálculo são adoptadas as condições ambientais de referência definidas no RCCTE e que a temperatura média do ar exterior (θ_m) durante toda a estação de arrefecimento (em todas as regiões climáticas de Portugal) é sempre inferior à temperatura interior de referência (θ_i), o valor da primeira parcela da expressão será sempre negativo. Assim sendo, esta parcela corresponde a uma perda de calor, nomeadamente às perdas pelas envolventes opaca e transparente devidas unicamente à diferença de temperatura entre os ambientes interior e o exterior da fracção autónoma. Por sua vez, a segunda parcela da expressão corresponde aos ganhos solares através da envolvente opaca [14][21].

Nas folhas de cálculo FCV.1a e FCV.1c do Anexo II encontram-se os resultados dos ganhos e das perdas de cargas através da envolvente exterior, respectivamente.

3.8.2.2. Ganhos solares através dos vãos envidraçados (Q_s)

O cálculo dos ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados é efectuado com recurso à mesma metodologia utilizada para a estação de aquecimento (capítulo 3.8.1.3). Assim sendo, utiliza-se a seguinte expressão [21]:

$$Q_s = \sum_j \left[I_{r_j} \cdot \sum_n A \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f \cdot F_g \cdot F_w \cdot g_{\perp} \right]_{nj} \quad (kWh) \quad (3.34)$$

em que:

I_{r_j} – intensidade da radiação solar incidente no vão envidraçado com a orientação j , na estação de arrefecimento (kWh/m^2) (retirado do Quadro III.9 do RCCTE);

A – área efectiva colectora da radiação solar na superfície n que tem a orientação j (m^2);

g_{\perp} – factor solar do vão envidraçado;

F_h – factor de sombreamento do horizonte por obstruções longínquas exteriores ao edifício ou por outros elementos do edifício;

F_o – factor de sombreamento por elementos horizontais sobrepostos ao envidraçado;

F_f – factor de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado;

F_g – fracção envidraçada;

F_w – factor de correcção da selectividade angular dos envidraçados.

Como já foi referido anteriormente no capítulo 3.7.5, os factores de sombreamento e o factor solar dos vãos envidraçados utilizados na estação de arrefecimento são diferentes dos utilizados na estação de aquecimento devido ao sol descrever uma trajectória distinta em cada estação.

Na folha de cálculo FCV.1d do Anexo II encontram-se os resultados dos ganhos solares através dos vãos envidraçados na estação de arrefecimento para cada fracção autónoma.

3.8.2.3. Perdas devido à renovação de ar (Q_v)

Para o cálculo das perdas devido à renovação de ar na estação de arrefecimento é utilizada a mesma metodologia indicada no capítulo 3.8.1.2. Visto que durante a estação convencional de arrefecimento a temperatura média exterior é sempre inferior à temperatura interior de referência (25 °C), a ventilação é considerada uma perda, sendo contabilizada na folha de cálculo FCV.1a do RCCTE. Assim, Q_v é obtido pela integração das perdas ao longo dos quatro meses em causa (122 dias), através da seguinte expressão [21]:

$$Q_v = 2,928 \cdot 0,34 \cdot R_{ph} \cdot V \cdot (\theta_m - \theta_i) \quad (kWh) \quad (3.35)$$

em que:

R_{ph} – número de renovações horárias do ar interior (h^{-1});

V – volume interior da fracção autónoma em m^3 que, na generalidade dos casos, pode ser calculada como o produto da área útil de pavimento (A_p) pelo pé direito médio (P_d);

θ_m – temperatura média do ar exterior na estação convencional de arrefecimento na zona climática de Verão onde se localiza o edifício (°C) (retirado do Quadro III.9 do RCCTE);

θ_i – temperatura interior de referência (25 °C).

Na folha de cálculo FCV.1a do Anexo II encontra-se o resultado das perdas devido à renovação de ar para cada fracção autónoma.

3.8.2.4. Cargas internas (Q_i)

Para o cálculo das cargas internas é utilizada a mesma metodologia indicada no capítulo 3.8.1.3, de acordo com a seguinte expressão [14]:

$$Q_i = 2,928 \cdot q_i \cdot A_p \quad (kWh) \quad (3.36)$$

em que:

q_i – ganhos térmicos internos médios por unidade de área útil de pavimento (W/m^2), numa base de 24 h/dia, todos os dias do ano para os edifícios residenciais, e em cada dia em que haja ocupação para os edifícios de serviços (retirado do Quadro IV.3 do RCCTE);

A_p – área útil de pavimento (m^2).

Na folha de cálculo FCV.1e do Anexo II encontra-se o resultado final das cargas internas para cada fracção autónoma.

3.8.3. Método de cálculo das necessidades de energia para preparação da AQS (N_{ac})

As necessidades nominais anuais para preparação de águas quentes sanitárias (N_{ac}) não devem exceder o valor máximo admissível (N_a).

As necessidades anuais de energia útil para a preparação de água quente sanitária (AQS) (N_{ac}) são calculadas através da seguinte expressão [14]:

$$N_{ac} = \frac{\frac{Q_a}{\eta_a} - E_{solar} - E_{ren}}{A_p} \quad (kWh / m^2 \cdot ano) \quad (3.37)$$

em que:

Q_a – energia útil despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS (kWh/ano);

η_a – eficiência de conversão dos sistemas de preparação de AQS a partir da fonte primária de energia;

E_{solar} – contribuição de sistemas colectores solares para o aquecimento de AQS;

E_{ren} – contribuição de quaisquer outras formas de energia renováveis (solar fotovoltaica, biomassa, eólica, geotérmica, etc.) para a preparação de AQS, bem como de quaisquer formas de recuperação de calor de equipamentos ou de fluidos residuais;

A_p – área útil de pavimento (m^2).

De seguida apresenta-se o método de cálculo de cada uma destas parcelas.

A energia despendida com sistemas convencionais para a preparação de AQS num ano (Q_a) é calculada através da seguinte expressão [21]:

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \cdot 4187 \cdot \Delta T \cdot n_d}{360000} \quad (\text{kWh} / \text{ano}) \quad (3.38)$$

em que:

M_{AQS} – consumo médio diário de referência de AQS. Nos edifícios residenciais, $M_{AQS} = 40 \times \text{n.º de ocupantes}$ (retirado do Quadro VI.1 do RCCTE);

ΔT – aumento de temperatura necessário para preparar as AQS ($\Delta T = 45 \text{ °C}$)¹⁶;

n_d – número anual de dias de consumo de AQS. Depende do período convencional de utilização dos edifícios (retirado do Quadro VI.2 do RCCTE).

A eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) é definida pelo respectivo fabricante com base em ensaios normalizados, sendo que na ausência de informação mais precisa é possível utilizar valores de referência definidos pelo RCCTE. Nos casos em que o sistema de preparação de AQS não esteja definido em projecto, considera-se que a fracção autónoma vai dispor de um termoacumulador eléctrico com 5 cm de isolamento térmico ($\eta_a = 0,90$) em edifícios sem alimentação a gás, ou de um esquentador a gás natural ou GPL ($\eta_a = 0,50$) em edifícios em que esteja previsto o respectivo abastecimento. Neste caso prático, como não estava definido em projecto, foi considerado que se utilizava um termoacumulador eléctrico com 5 cm de isolamento térmico [14].

¹⁶ O valor de referência para o aumento de temperatura (ΔT) necessário à preparação de AQS é 45 °C . Considera-se que a água da rede pública de abastecimento é disponibilizada a uma temperatura média anual de 15 °C e que deve ser aquecida à temperatura de 60 °C , resultando assim $\Delta T = 60 - 15 = 45 \text{ °C}$ [18]

A utilização de sistemas de colectores solares térmicos para aquecimento de AQS nos edifícios abrangidos pelo RCCTE é obrigatória sempre que a exposição solar seja adequada, na base de 1 m^2 de colector por ocupante convencional previsto. Este valor pode ser reduzido de forma a não ultrapassar 50% da área de cobertura total disponível, em terraço ou nas vertentes orientadas no quadrante Sul, entre Sudeste e Sudoeste. Visto que, a energia solar térmica, devido à sua variação e intermitência, geralmente não é suficiente para satisfazer totalmente as necessidades de aquecimento, é utilizada em conjunto com um sistema de apoio de energia convencional e um depósito de acumulação de água. Considera-se que existe uma exposição solar adequada se a cobertura em terraço ou inclinada estiver orientada entre Sudeste e Sudoeste e não se encontrar sombreada por obstáculos significativos no período que se inicia diariamente duas horas depois do nascer do Sol e termina duas horas antes do pôr do Sol. O cálculo da contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de AQS (E_{solar}) deve ser efectuado recorrendo ao programa SOLTERM do INETI. Para efeitos do RCCTE, a contribuição de sistemas de colectores solares só pode ser contabilizada se os sistemas ou equipamentos forem certificados pela DGEG e houver a garantia de manutenção do sistema em funcionamento eficiente durante um período mínimo de seis anos após a instalação [14][18].

Alternativamente à utilização de colectores solares térmicos, podem ser utilizadas quaisquer outras formas de energia (solar fotovoltaica, biomassa, eólica, geotérmica, entre outras) que captem, numa base anual, energia equivalente à dos colectores solares, podendo esta ser utilizada para outros fins que não a do aquecimento de água se tal for mais eficiente ou conveniente. A contribuição de outras formas de energias renováveis para a preparação de AQS, bem como de quaisquer formas de recuperação de calor de equipamentos ou de fluidos residuais, deve ser calculada com base num método devidamente justificado, reconhecido e aceite pela entidade licenciadora [14].

Na folha de cálculo AQS do Anexo II, encontra-se o resultado das necessidades de energia para preparação de AQS para cada fracção autónoma.

3.8.4. Necessidades globais de energia primária (N_{tc})

As necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{tc}) não devem exceder o valor máximo admissível (N_t).

As necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária (N_{tc}) de um edifício ou fracção autónoma são a soma ponderada dos valores de N_{ic} , N_{vc} e N_{ac} , convertidos para energia primária e são calculadas através da seguinte expressão [14]:

$$N_{tc} = 0,1 \cdot \left(\frac{N_{ic}}{\eta_i} \right) \cdot F_{pui} + 0,1 \cdot \left(\frac{N_{vc}}{\eta_v} \right) \cdot F_{puv} + N_{ac} \cdot F_{pua} \quad (kpeg / m^2 \cdot ano) \quad (3.39)$$

em que:

F_{pu} – factor de conversão de energia útil para energia primária;

η_i – eficiência nominal dos equipamentos para aquecimento;

η_v – eficiência nominal dos equipamentos para arrefecimento;

0,1 – redução de 10%. Esta redução aplicada relativamente às situações de arrefecimento e aquecimento baseia-se no facto de as habitações não serem aquecidas nem arrefecidas 24 horas por dia, ao longo de toda a estação correspondente.

Os factores de conversão (F_{pu}) de energia útil para energia primária adoptados pelo RCCTE são [14]:

- a) $F_{pu} = 0,290$ kgep/kWh no caso de electricidade;
- b) $F_{pu} = 0,086$ kpeg/kWh no caso de combustíveis sólidos, líquidos e gasosos.

O factor de conversão (F_{pu}) utilizado deve ser afectado pela eficiência nominal¹⁷ dos equipamentos utilizados para os sistemas de aquecimento e arrefecimento (η_i e η_v , respectivamente), sob condições nominais de funcionamento. Na ausência destes dados, podem ser adoptados os valores de referência indicados no artigo 18.º do RCCTE [21].

Nos casos em que não esteja definido um sistema de aquecimento ou de arrefecimento do ambiente ou de aquecimento de AQS, considera-se, para efeitos do cálculo de N_{tc} , que o sistema de aquecimento é obtido por resistência eléctrica, o sistema de arrefecimento é uma máquina frigorífica (COP)¹⁸ com eficiência de 3 e o sistema de produção de AQS é um termoacumulador eléctrico com 50 mm de isolamento térmico

¹⁷ É a razão entre a energia fornecida pelo equipamento para o fim em vista (energia útil) e a energia por ele consumida (energia final), geralmente expressa em percentagem [21]

¹⁸ Denominação na língua inglesa correntemente adoptada para designar a eficiência nominal de uma bomba de calor [14]

em edifícios sem alimentação de gás, ou um esquentador a gás natural ou GPL quando estiver previsto o respectivo abastecimento [14].

Na folha de cálculo Ntc,Nc do Anexo II, encontra-se o resultado final das necessidades globais de energia primária para cada fracção autónoma.

3.9. Limitação das necessidades nominais globais de energia primária

Os valores anteriormente calculados de N_{ic} , N_{vc} e N_{ac} para cada fracção autónoma sujeita a verificação regulamentar não podem exceder os correspondentes valores máximos limite de referência N_i , N_v e N_a impostos pelo RCCTE, respectivamente. Para além destas condições, as necessidades anuais globais (N_{tc}) de cada fracção autónoma não podem exceder o valor máximo admissível de energia primária (N_t) imposto pelo RCCTE [21].

No Quadro 3.52 resumem-se as exigências dos edifícios abrangidos pelo RCCTE, que no caso de não serem cumpridas o edifício ou fracção autónoma é considerado regulamentar.

Quadro 3.52 – Limitação das necessidades globais de energia primária

Aquecimento	$N_{ic} < N_i$
Arrefecimento	$N_{vc} < N_v$
AQS	$N_{ac} < N_a$
Global	$N_{tc} < N_t$

3.9.1. Valores limites das necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_i)

Os valores limites das necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_i) de uma fracção autónoma, dependem dos valores do Factor de Forma (FF) da fracção autónoma e dos Graus-Dias (GD) correspondentes ao concelho onde o edifício se encontra situado, e são os seguintes [14]:

$$\left\{ \begin{array}{lll} FF \leq 0,5 & N_i = 4,5 + 0,0395 \cdot GD & (kWh / m^2 \cdot ano) \\ 0,5 < FF \leq 1 & N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037 \cdot FF) \cdot GD & (kWh / m^2 \cdot ano) \\ 1 < FF \leq 1,5 & N_i = [4,5 + (0,021 + 0,037 \cdot FF) \cdot GD] \cdot (1,2 - 0,2 \cdot FF) & (kWh / m^2 \cdot ano) \\ FF > 1,5 & N_i = 4,05 + 0,06885 \cdot GD & (kWh / m^2 \cdot ano) \end{array} \right. \quad (3.40)$$

em que FF é calculado como indicado no capítulo 3.7.1 e os valores de GD são retirados do Quadro III.1 do RCCTE, dependente do concelho em que se situa o edifício.

O factor de forma (FF) traduz a compacidade do edifício (fracção autónoma), sendo que quanto menor for o valor de FF, menor será o valor das necessidades nominais de aquecimento máximas (N_i). O valor de Graus-Dias de aquecimento traduz a severidade do clima e quanto maior for este valor maiores são os valores máximos admissíveis das necessidades de aquecimento [21].

Na folha de cálculo FCIV.1f do Anexo II encontra-se o resultado das necessidades nominais de energia útil para aquecimento.

3.9.2. Valores limites das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N_v)

Os valores limites das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N_v) de uma fracção autónoma são dependentes da zona climática do local onde se situa o edifício, de acordo com o artigo 15.º do RCCTE [14].

Na folha de cálculo FVIV.1f do Anexo II encontra-se o resultado das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento de cada fracção autónoma.

3.9.3. Valores limites das necessidades de energia para preparação das AQS (N_a)

Os valores limites das necessidades de energia para preparação de AQS são calculados através da seguinte expressão [14]:

$$N_a = \frac{0,081 \cdot M_{AQS} \cdot n_d}{A_p} \quad (kWh / m^2 \cdot ano) \quad (3.41)$$

em que:

M_{AQS} – consumo médio diário de referência de AQS. Nos edifícios residenciais, $M_{AQS} = 40 \times n.$ º de ocupantes (retirado do Quadro VI.1 do RCCTE);

n_d – número anual de dias de consumo de AQS. Depende do período convencional de utilização dos edifícios (retirado do Quadro VI.2 do RCCTE);

A_p – área útil de pavimento (m^2).

Na folha de cálculo AQS do Anexo II encontra-se o resultado das necessidades nominais de energia para preparação de AQS para cada fracção autónoma.

3.9.4. Valor máximo admissível de necessidades nominais globais de energia primária (N_t)

O valor máximo admissível de necessidades nominais globais de energia primária (N_t), calculado com base nos valores de N_i , N_v e N_a e em fontes de energia convencionais, é dado pela seguinte expressão [14]:

$$N_t = 0,9 \cdot (0,01 \cdot N_i + 0,01 \cdot N_v + 0,15 \cdot N_a) \quad (kgep / m^2 \cdot ano) \quad (3.42)$$

Os factores de ponderação presentes nesta equação pretendem traduzir padrões típicos de consumo nas habitações, obtidos com base em levantamentos estatísticos. Os coeficientes N_i , N_v e N_a derivam da aplicação dos valores das eficiências nominais dos sistemas de aquecimento, arrefecimento e produção de AQS, respectivamente, que o RCCTE assume por defeito, e os correspondentes factores de conversão para energia primária. O factor 0,9 pretende traduzir o princípio de que um edifício que cumpra estritamente o mínimo exigido pelo RCCTE não será regulamentar. Para o ser, terá que ser, no mínimo 10% melhor do que a soma ponderada apresentada na equação supracitada [21].

Na folha de cálculo N_{tc}, N_c do Anexo II encontra-se o resultado das necessidades nominais globais de energia primária para cada fracção autónoma.

3.10. Classe energética

A classificação energética dos edifícios é feita através de etiquetas que correspondem ao seu desempenho energético. Nesta classificação são estabelecidas nove classes de desempenho, sendo qualificadas desde A^+ (melhor desempenho) até G (pior desempenho), como demonstrado na Figura 3.9 [18].

A classe energética obtém-se através do indicador R, definido como o quociente entre as necessidades anuais globais nominais específicas de energia primária para climatização e AQS (N_{tc}) e o limite máximo regulamentar do valor dessas necessidades (N_t), de acordo com a seguinte expressão:

$$R = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad (3.43)$$

As classes de desempenho dos novos edifícios têm de situar entre as classificações A⁺ e B⁻, pois necessitam de verificar a condição $N_{tc} \leq N_t$. Os edifícios anteriores à entrada em vigor do RCCTE podem ter qualquer classe de desempenho [18].

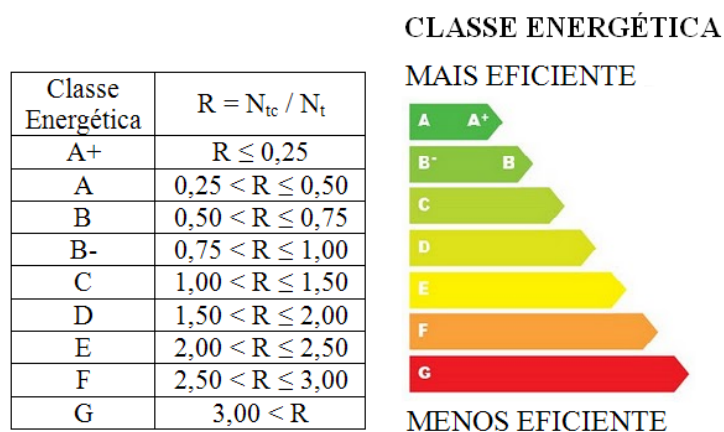


Figura 3.9 – Classes energéticas e respectivas etiquetas (adaptado) [18]

4. Caso de estudo segundo o CTE

4.1. A importância do CTE

A transposição da directiva EPBD para a regulamentação espanhola foi efectuada com a publicação de três *Real Decretos*:

- *Real Decreto 314/2006 – Aprueba el Código Técnico de la Edificación* (CTE) [23];
- *Real Decreto 1027/2007 – Aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios* (RITE) [24];
- *Real Decreto 47/2007 – Aprueba el Procedimiento Básico para la Certificación de Eficiencia Energética de Edificios de Nueva Construcción* [25].

O *Código Técnico de la Edificación* (CTE) é o actual regulamento Espanhol que impõe os requisitos mínimos de qualidade térmica aos edifícios de modo a cumprir as normas de segurança. Desde 1957 que as normas técnicas de edificação em Espanha (normas MV) eram da responsabilidade do *Ministério de la Vivienda* (MV). Em 1977 o governo decidiu criar uma estrutura unificada, de aplicação obrigatória, de todas as normas relacionadas com a construção, sendo criadas as *Normas Básicas de la Edificación* (NBE – Normas Básicas da Edificação). De modo a complementar as NBE foram criadas as *Normas Tecnológicas de la Edificación* (NTE – Normas Tecnológicas da Edificação), sem carácter obrigatório e as *Soluciones Homologadas de la Edificación* (SHE – Soluções Homologadas da Edificação). Estas últimas complementavam, no campo das soluções construtivas convencionais, os *Documentos de Idoneidad Técnica* (DIT – Documentos de Idoneidade Técnica), que são avaliações técnicas para soluções inovadoras. Durante a segunda metade do século XX assistiu-se a um processo acelerado de urbanização que definiu grande parte da realidade actual do património edificado em Espanha. Assim, foram criados edifícios que proporcionavam uma razoável satisfação das necessidades básicas da maioria da população espanhola. No entanto, tal como na maior parte dos outros países, a exigência de qualidade referente aos edifícios aumentou, devido a uma mais exigente qualidade de vida para os cidadãos e também com o aparecimento de requisitos para a sustentabilidade dos processos nos edifícios. De modo a responder a este aumento de exigência, foi publicada a Lei 38/1999 de 5 de Novembro de 1999, denominada de *Ley de Ordenación de la Edificación* (LOE – Lei da Ordenação da Edificação). O objectivo desta Lei era regular o sector da construção através do estabelecimento de requi-

sitos mínimos a serem cumpridos pelos edifícios e de modo a atender às necessidades dos ocupantes. Para atingir este objectivo era necessário actualizar as normas que já se encontravam obsoletas. Assim sendo, o governo espanhol aprovou o CTE que tenta satisfazer as exigências da sociedade relativamente à qualidade dos edifícios, enquanto tenta melhorar a segurança dos ocupantes e promover o desenvolvimento sustentável. Isto é conseguido através do estabelecimento de exigências que os edifícios devem cumprir em relação aos requisitos mínimos de segurança e habitabilidade [23][26].

O CTE é aplicado a novos edifícios, a obras de ampliação, modificação ou reabilitação e a alguns edifícios protegidos do ponto de vista artístico ambiental ou histórico. O CTE é dividido em duas partes. Na primeira encontram-se todos os requisitos de segurança e habitabilidade que são obrigatórios segundo a LOE. Esta parte encontra-se dividida em diversas secções, referindo-se cada uma delas a diferentes áreas a serem regulamentadas. Na segunda parte encontram-se os *Documentos Básicos* (DB – Documentos Básicos), que são documentos técnicos que auxiliam a cumprir, a um nível mais prático, as exigências da primeira parte e onde se encontram os limites dessas exigências. Os DB presentes no CTE são os seguintes:

- DB SE: *Seguridad estructural* (Segurança estrutural);
- DB SI: *Seguridad em caso de incendio* (Segurança contra incêndio);
- DB SU: *Seguridad de utilización* (Segurança de utilização);
- DB HS: *Salubridad* (Salubridade);
- DB HE: *Ahorro de energia* (Poupança de energia);
- DB HR: *Protección frente al ruido* (Protecção contra o ruído).

O documento básico que interessa para este caso de estudo é o DB HE: *Ahorro de energia*, que estabelece regras de modo a conseguir uma utilização racional da energia necessária aos edifícios, impondo limites aos consumos de energia e garantindo que parte desse consumo provém de fontes de energia renováveis, garantindo assim que os requisitos de poupança de energia sejam cumpridos. Este documento básico por sua vez é dividido em [26][27]:

- HE 1: *Limitación de demanda energética* (Limitação da necessidade energética);
- HE 2: *Rendimiento de las instalaciones térmicas* (Rendimento dos sistemas térmicos);

- HE 3: *Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación* (Eficiência energética dos sistemas de iluminação);
- HE 4: *Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria* (Contribuição solar mínima para o fornecimento de água quente);
- HE 5: *Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica* (Contribuição fotovoltaica mínima para o fornecimento de energia eléctrica).

4.2. Limitação da necessidade energética (HE 1)

É necessário que os edifícios tenham uma envolvente com características que limitem adequadamente as exigências energéticas de modo a proporcionar um nível de conforto térmico aos ocupantes. Isto depende do clima onde está inserido o edifício, da sua utilização, das características das estações de Verão e Inverno, das soluções construtivas utilizadas, da exposição à radiação solar, entre outras. Tendo em conta estas características é necessário tratar adequadamente as pontes térmicas de modo a limitar as perdas ou ganhos de calor indesejados e tentar reduzir o risco de ocorrência de condensações superficiais e internas que possam prejudicar as características dos materiais [23].

Esta secção é aplicada a edifícios novos e a modificações, alterações ou renovações de edifícios já existentes e em que seja renovada mais de 25% da área. Por sua vez, os edifícios descritos no ponto 1.1 da secção HE 1 do CTE são excluídos desta verificação. Existem dois métodos de proceder a esta verificação, a opção geral e a opção simplificada. A opção geral baseia-se na avaliação da exigência energética dos edifícios por comparação do edifício em estudo com um edifício de referência. Para proceder a esta comparação é utilizado o programa LIDER, que é um programa reconhecido pela DB. A opção simplificada é baseada no controlo indirecto da exigência energética, limitando os parâmetros característicos dos componentes (U e F) que pertencem à envolvente do edifício. Limita ainda a ocorrência de condensações superficiais e internas e as infiltrações de ar. A comparação é efectuada através da comparação dos valores obtidos com valores máximos e valores limite permitidos. Devido à dificuldade de obter o programa recorreu-se à opção simplificada [23][26].

4.2.1. Levantamento dimensional

Neste ponto, tal como no capítulo 3.3.2, menciona-se a área e orientação das paredes da envolvente exterior e interior, sendo a área total desagregada em área de envidraça-

dos/portas (A_{env}/A_{portas}), área de pontes térmicas planas (A_{ptp}) e área de zona corrente (A_{zc}). É ainda referida a percentagem da área envidraçada (% A_{env}) de cada fracção autónoma, sendo esta de conhecimento necessário para a aplicação do CTE.

Quadro 4.1 - Levantamento dimensional da envolvente exterior do piso 1

Orientação	Elemento	$A_{total} (m^2)$	$A_{env} (m^2)$	$A_{ptp} (m^2)$	$A_{zc} (m^2)$	% A_{env}
Norte	Suite 1.7	12,27	0,00	1,08	11,19	0,00
	Instalação sanitária 1.8	6,50	0,00	1,23	5,27	0,00
	Quarto 1.6	11,78	0,00	1,36	10,42	0,00
	Sala 1.4	3,12	0,00	0,00	3,12	0,00
Sul	Sala 1.4	1,38	0,00	0,00	1,38	0,00
Este	Quarto 1.5	7,28	1,50	1,72	4,06	20,60
	Quarto 1.6	7,28	1,50	0,73	5,06	20,60
	Instalação sanitária 1.8	2,60	1,90	0,26	0,44	73,08
Oeste	Suite 1.7	9,10	3,10	1,49	4,51	34,07
	Cozinha 1.3	6,76	2,90	0,67	3,19	42,90
	Sala 1.4	13,52	6,56	1,31	5,65	48,52
TOTAL						21,40

Quadro 4.2 - Levantamento dimensional da envolvente interior do piso 1

Espaço não útil	Elemento	$A_{total} (m^2)$	$A_{porta} (m^2)$	$A_{ptp} (m^2)$	$A_{zc} (m^2)$
Edifício adjacente	Sala 1.4	13,88	0,00	2,50	11,38
Caixa de elevador	Sala 1.4	4,16	0,00	0,00	4,16
	Hall 1.2	4,06	0,00	0,00	4,06
Patim	Hall 1.2	6,76	1,80	1,17	3,79
	Quarto 1.5	12,17	0,00	0,00	12,17

Quadro 4.3 - Levantamento dimensional da envolvente exterior do piso 3

Orientação	Elemento	$A_{total} (m^2)$	$A_{env} (m^2)$	$A_{ptp} (m^2)$	$A_{zc} (m^2)$	% A_{env}
Norte	Quarto 3.8	11,23	0,00	1,08	10,15	0,00
	Instalação sanitária 3.9	5,72	1,23	1,14	3,35	21,50
	Quarto 3.6	11,78	0,00	1,76	10,02	0,00
	Suite 3.7	2,08	0,00	0,00	2,08	0,00
Sul	Sala 3.4	1,38	0,00	0,00	1,38	0,00
Este	Cozinha 3.3	6,86	4,08	1,60	1,18	59,44
	Quarto 3.5	7,28	1,50	0,70	5,08	20,60
	Quarto 3.6	7,54	1,50	1,31	4,73	19,89
Oeste	Quarto 3.8	7,15	2,40	0,70	4,05	33,57
	Suite 3.7	8,32	2,72	0,00	5,60	32,69
	Sala 3.4	13,52	12,10	0,00	1,42	89,50
TOTAL						30,81

Quadro 4.4 - Levantamento dimensional da envolvente interior do piso 3

Espaço não útil	Elemento	A_{total} (m²)	A_{porta} (m²)	A_{ptp} (m²)	A_{zc} (m²)
Edifício adjacente	Sala 3.4	13,88	0,00	2,50	11,38
Caixa de elevador	Sala 3.4	4,16	0,00	0,00	4,16
	Hall 3.2	4,16	0,00	0,00	4,16
Patim	Hall 3.2	2,63	1,80	0,00	0,83
	Cozinha 3.3	12,17	0,00	1,77	10,40

Quadro 4.5 - Levantamento dimensional da envolvente exterior do piso 4

Orientação	Elemento	A_{total} (m²)	A_{env} (m²)	A_{ptp} (m²)	A_{zc} (m²)	% A_{env}
Norte	Quarto 4.8	11,23	0,00	1,08	10,15	0,00
	Instalação sanitária 4.9	5,72	1,23	1,14	3,35	21,50
	Quarto 4.6	11,78	0,00	1,76	10,02	0,00
	Suite 4.7	2,08	0,00	0,00	2,08	0,00
Sul	Sala 4.4	1,38	0,00	0,00	1,38	0,00
Este	Cozinha 4.3	6,86	4,08	1,60	1,18	59,44
	Quarto 4.5	7,28	1,50	0,70	5,08	20,60
	Quarto 4.6	7,54	3,82	1,31	2,41	50,66
Oeste	Quarto 4.8	7,15	2,40	0,70	4,05	33,57
	Suite 4.7	8,32	2,72	0,00	5,60	32,69
	Sala 4.4	13,52	12,10	0,00	1,42	89,50
TOTAL						33,61

Quadro 4.6 - Levantamento dimensional da envolvente interior do piso 4

Espaço não útil	Elemento	A_{total} (m²)	A_{porta} (m²)	A_{ptp} (m²)	A_{zc} (m²)
Edifício adjacente	Sala 4.4	13,88	0,00	2,50	11,38
Caixa de elevador	Sala 4.4	4,29	0,00	0,00	4,29
	Hall 4.2	3,77	0,00	0,00	3,77
Patim	Hall 4.2	2,63	1,80	0,00	0,83
	Cozinha 4.3	12,17	0,00	1,77	10,40

4.2.2. Caracterização e quantificação das exigências

As exigências energéticas dos edifícios são limitadas em função do clima do local onde se encontra o edifício. As soluções construtivas são as mesmas utilizadas para o estudo do RCCTE [28].

4.2.2.1. Zonamento climático

Para efeitos do CTE, o país é dividido em cinco zonas climáticas de Inverno, identificadas com uma letra (A, B, C, D e E) e em quatro de Verão, identificadas com um número (1, 2, 3 e 4). Combinando as cinco divisões de Inverno com as quatro de Verão, obtém-se vinte zonas distintas, mas no regulamento apenas foram

mantidas doze dessas zonas, sendo cada zona identificada com uma letra e um número como mostra na Figura 4.1. De notar, que para as zonas A1 e A2, B1 e B2 e E2, E3 e E4 são considerados os mesmos requisitos correspondentes à zona A3, B3 e E1, respectivamente.

SC (Verão)	A4	B4	C4		E1
	A3	B3	C3	D3	
			C2	D2	
			C1	D1	
SC (INVERNO)					

Figura 4.1 - Zonas Climáticas (adaptada) [28]

Geralmente, a zona climática dos edifícios é determinada a partir da tabela D.1 da secção HE 1 do CTE. Nas zonas não tabeladas é possível obter o seu zonamento climático através da diferença de altitude existente entre essa localização e a altitude de referência da capital de província encontrada na tabela referida [28].

Como referido anteriormente no capítulo 3.5 foram analisadas duas zonas climáticas diferentes, de modo a ser possível efectuar uma comparação entre ambas. É assim possível observar as diferenças energéticas entre as soluções construtivas estudadas nas duas zonas climáticas. As zonas em estudo foram Badajoz, que pertence à zona climática C4 e Ourense, que pertence à zona climática C2, sendo identificadas como zona 1 e zona 2, respectivamente.

4.2.2.2. Coeficientes de transmissão térmica máximos

Os parâmetros característicos que definem a envolvente dos edifícios são agrupados nas seguintes categorias:

- transmissão térmica de paredes exteriores (U_M);
- transmissão térmica da cobertura (U_C);
- transmissão térmica de pavimentos (U_S);
- transmissão térmica de paredes em contacto com o terreno (U_T);
- transmissão térmica de vãos envidraçados (U_H);
- factor solar modificado de vãos envidraçados (F_H);
- factor solar modificado de clarabóias (F_L);
- transmissão térmica de paredes em contacto com edifícios adjacentes (U_{MD}).

Todas as zonas da envolvente exterior não podem ter um coeficiente de transmissão térmica superior aos indicados na Tabela 2.1 da secção HE 1 do CTE. Os valores máximos de transmissão térmica dependem da zona climática onde se encontra o edifício. De modo a evitar grandes diferenças de qualidade térmica das divisões, as zonas pertencentes à envolvente interior também têm de ter um coeficiente de transmissão térmica inferior aos valores indicados na tabela referida [28].

A verificação dos coeficientes de transmissão térmica máximos encontra-se na folha de cálculo FICHA 2 do Anexo III.

4.2.2.3. Valores limite dos coeficientes de transmissão térmica médios

Os coeficientes de transmissão térmica médios das zonas que limitam os espaços habitáveis têm de ser inferiores aos valores limite indicados nas Tabelas 2.2 da secção HE 1 do CTE, dependendo da zona climática em que se encontra o edifício, da seguinte forma [28]:

- a) a transmissão térmica média das paredes exteriores (U_{Mm}) para cada orientação e a transmissão térmica média das paredes em contacto com o solo (U_{Tm}) têm de ser inferiores à transmissão térmica limite das paredes (U_{Mlim});
- b) a transmissão térmica média dos pavimentos (U_{Sm}) tem de ser inferior à transmissão térmica limite de pavimentos (U_{Slim});
- c) a transmissão térmica média das coberturas (U_{Cm}) tem de ser inferior à transmissão térmica limite das coberturas (U_{Clim});
- d) o factor solar modificado médio de clarabóias (F_{Lm}) tem de ser inferior ao factor solar limite de clarabóias (F_{Llim});
- e) a transmissão térmica média de vãos envidraçados (U_{Hm}), em função da percentagem de vãos envidraçados e da transmissão térmica média das paredes exteriores, tem de ser inferior, para cada orientação, à transmissão térmica limite de vãos envidraçados (U_{Hlim});
- f) o factor solar modificado médio de vãos envidraçados (F_{Hm}), em função da percentagem de vãos envidraçados e da zona do edifício que se trate, tem de ser inferior, para cada orientação, ao factor solar limite de vãos envidraçados (F_{Hlim}).

Os coeficientes de transmissão térmica médios dos elementos opacos e dos vãos envidraçados encontram-se nas folhas de cálculo FICHA 1 e FICHA 1 (HUECOS) do Anexo III, respectivamente. A verificação dos coeficientes de transmissão térmica médios encontra-se na folha de cálculo FICHA 2 do Anexo III. O Quadro 4.7 resume as verificações supracitadas:

Quadro 4.7 - Síntese da comparação com os valores limite (adaptado) [28]

Elemento	Componentes		Parâmetros característicos	Parâmetros característicos médios	Comparação com os valores limite
Cobertura	C ₁	Contacto com o ar	U _{C1}	$U_{Cm} = \frac{\sum A_C \cdot U_C + \sum A_{PC} \cdot U_{PC} + \sum A_L \cdot U_L}{\sum A_C + \sum A_{PC} + \sum A_L}$	U _{Cm} ≤ U _{Clim}
	C ₂	Contacto com espaço não útil	U _{C2}		
	P _C	Ponte térmica	U _{PC}		
	L	Clarabóia	U _L F _L	$F_{Lm} = \frac{\sum A_F \cdot F_L}{\sum A_F}$	F _{LM} ≤ F _{Llim}
Fachadas	M ₁	Parede em contacto com o ar	U _{M1}	$U_{Mm} = \frac{\sum A_M \cdot U_M + \sum A_{PF} \cdot U_{PF}}{\sum A_M + \sum A_{PF}}$	U _{Mm} ≤ U _{Mlim}
	M ₂	Parede em contacto com espaço não útil	U _{M2}		
	P _{F1}	Ponte térmica (contorno de janela)	U _{PF1}		
	P _{F2}	Ponte térmica (pilares)	U _{PF2}		
	P _{F3}	Ponte térmica (caixa de estore)	U _{PF3}		
	H	Vão envidraçado	U _H	$U_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot U_H}{\sum A_H}$	U _{Hm} ≤ U _{Hlim}
			F _H	$F_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot F_H}{\sum A_H}$	F _{Hm} ≤ F _{Hlim}
Pavimentos	S ₁	Sobre o solo	U _{S1}	$U_{Sm} = \frac{\sum A_S \cdot U_S}{\sum A_S}$	U _{Sm} ≤ U _{Slim}
	S ₂	Em contacto com espaço não útil	U _{S2}		
	S ₃	Em contacto com o exterior	U _{S3}		
Paredes em contacto com o solo	T	Parede em contacto com o terreno	U _T	$U_{Tm} = \frac{\sum A_T \cdot U_T}{\sum A_T}$	U _{Tm} ≤ U _{Tlim}

4.2.3. Coeficiente de transmissão térmica de vãos envidraçados

A transmissão térmica de vãos envidraçados (U_H) é determinada através da seguinte expressão:

$$U_H = (1 - FM) \cdot U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m} \quad (4.1)$$

em que:

$U_{H,v}$ – transmissão térmica da parte semitransparente do vão envidraçado ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);

$U_{H,m}$ – transmissão térmica da caixilharia ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);

FM – fracção do vão envidraçado ocupada pela caixilharia.

Os valores utilizados foram retirados do catálogo de elementos construtivos do CTE.

De seguida apresentam-se os valores calculados de U_H [28]:

Quadro 4.8 - Coeficiente de transmissão térmica dos envidraçados do piso 1

Orientação	Elemento	$A_{env} (m^2)$	$A_{caixilharia} (m^2)$	FM	$U_{H,v}$	$U_{H,m}$	U_H
Este	Quarto 1.5	1,50	0,29	0,19	1,60	5,70	2,38
	Quarto 1.6	1,50	0,29	0,19	1,60	5,70	2,38
	Instalação sanitária 1.8	1,90	0,28	0,15	1,60	5,70	2,20
Oeste	Suite 1.7	3,10	0,50	0,16	1,60	5,70	2,26
	Cozinha 1.3	2,90	0,48	0,17	1,60	5,70	2,28
	Sala 1.4	6,56	2,47	0,38	1,60	5,70	3,14

Quadro 4.9 - Coeficiente de transmissão térmica dos envidraçados do piso 3

Orientação	Elemento	$A_{env} (m^2)$	$A_{caixilharia} (m^2)$	FM	$U_{H,v}$	$U_{H,m}$	U_H
Norte	Instalação sanitária 3.9	1,23	0,24	0,20	1,60	5,70	2,40
Este	Cozinha 3.3	4,08	0,56	0,14	1,60	5,70	2,17
	Quarto 3.5	1,50	0,29	0,19	1,60	5,70	2,38
	Quarto 3.6	1,50	0,29	0,19	1,60	5,70	2,38
Oeste	Quarto 3.8	2,40	0,35	0,15	1,60	5,70	2,20
	Suite 3.7	2,72	0,46	0,17	1,60	5,70	2,29
	Sala 3.4	12,10	1,49	0,12	1,60	5,70	2,11

Quadro 4.10 - Coeficiente de transmissão térmica dos envidraçados do piso 4

Orientação	Elemento	$A_{env} (m^2)$	$A_{caixilharia} (m^2)$	FM	$U_{H,v}$	$U_{H,m}$	U_H
Norte	Instalação sanitária 4.9	1,23	0,24	0,20	1,60	5,70	2,40
Este	Cozinha 4.3	4,08	0,56	0,14	1,60	5,70	2,17
	Quarto 4.5	1,50	0,29	0,19	1,60	5,70	2,38
	Quarto 4.6	3,82	1,46	0,38	1,60	5,70	3,17
Oeste	Quarto 4.8	2,40	0,35	0,15	1,60	5,70	2,20
	Suite 4.7	2,72	0,46	0,17	1,60	5,70	2,29
	Sala 4.4	12,10	1,49	0,12	1,60	5,70	2,11

4.2.4. Factor solar modificado dos vãos envidraçados

O factor solar modificado dos vãos envidraçados (F_H) é determinado através da seguinte expressão [28]:

$$F_H = F_S \cdot [(1 - FM) \cdot g_{\perp} + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha] \quad (4.2)$$

em que:

F_S – factor de sombreamento do vão envidraçado, retirado das tabelas E.11 a E.15 do CTE em função dos dispositivos de sombreamento existentes;

FM – fracção do vão envidraçado ocupada pela caixilharia;

g_{\perp} – factor solar da parte semitransparente do vão envidraçado;

U_M – transmissão térmica da caixilharia do vão envidraçado ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);

α – coeficiente de absorvência da caixilharia (retirado da Tabela E.10 do CTE).

O factor de sombreamento do vão envidraçado (F_S) é determinado através da seguinte expressão [28]:

$$F_S = F_V \cdot F_R \quad (4.3)$$

em que:

F_V – factor de sombreamento para obstáculos da fachada: Palas (*Voladizo*);

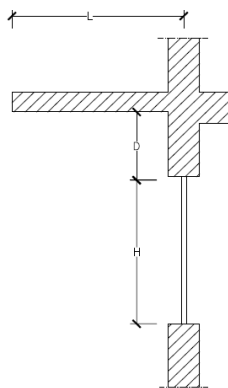


Figura 4.2 – Factor de sombreamento para obstáculos da fachada: Palas (*Voladizo*) [28]

F_R – factor de sombreamento para obstáculos da fachada: Vão envidraçado (*Retranqueo*).

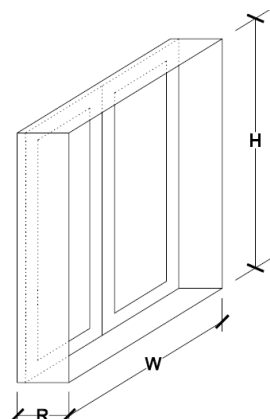


Figura 4.3 – Factor de sombreamento para obstáculos da fachada: Vão envidraçado (*Retranqueo*) [28]

Nos quadros que se seguem resume-se para cada envidraçado o valor dos factores de sombreamento e respectivo factor solar modificado:

Quadro 4.11 - Factores de sombreamento dos envidraçados do piso 1

Orientação	Elemento	D	H	L	D/H	L/H	F_V	R	H	W	R/H	R/W	F_R
Este	Quarto 1.5	0,06	1,00	0,92	0,06	0,92	0,77	0,12	1,00	1,50	0,12	0,08	0,86
	Quarto 1.6	0,06	1,00	0,92	0,06	0,92	0,77	0,12	1,00	1,50	0,12	0,08	0,86
	Instalação sanitária 1.8	0,00	1,90	0,00	0,00	0,00	1,00	0,08	1,90	1,00	0,04	0,08	0,91
Oeste	Suite 1.7	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,12	2,00	1,55	0,06	0,08	0,91
	Cozinha 1.3	0,50	2,00	1,08	0,25	0,54	0,86	0,08	2,00	1,45	0,04	0,06	0,91
	Sala 1.4	0,40	1,25	0,53	0,32	0,42	0,96	0,49	1,25	5,25	0,39	0,09	0,71

Quadro 4.12 - Factor solar modificado dos envidraçados do piso 1

Orientação	Elemento	FM	g_{\perp}	α	U_m	F_V	F_R	F_S	F_H
Este	Quarto 1.5	0,19	0,55	0,20	5,70	0,77	0,86	0,66	0,30
	Quarto 1.6	0,19	0,55	0,20	5,70	0,77	0,86	0,66	0,30
	Instalação sanitária 1.8	0,15	0,55	0,20	5,70	1,00	0,91	0,91	0,43
Oeste	Suite 1.7	0,16	0,55	0,20	5,70	1,00	0,91	0,91	0,43
	Cozinha 1.3	0,17	0,55	0,20	5,70	0,86	0,91	0,78	0,36
	Sala 1.4	0,38	0,70	0,20	5,70	0,96	0,71	0,68	0,31

Quadro 4.13 - Factores de sombreamento dos envidraçados do piso 3

Orientação	Elemento	D	H	L	D/H	L/H	F _V	R	H	W	R/H	R/W	F _R
Norte	Instalação sanitária 3.9	0,00	1,75	0,00	0,00	0,00	1,00	0,08	1,75	0,70	0,05	0,11	1,00
Este	Cozinha 3.3	0,60	2,00	0,92	0,30	0,46	0,96	0,12	2,00	2,04	0,06	0,06	0,91
	Quarto 3.5	0,60	1,00	0,92	0,60	0,92	0,96	0,12	1,00	1,50	0,12	0,08	0,86
	Quarto 3.6	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,12	1,00	1,50	0,12	0,08	0,86
Oeste	Quarto 3.8	0,60	2,00	0,38	0,30	0,19	0,96	0,08	2,00	1,20	0,04	0,07	0,91
	Suite 3.7	0,00	1,60	0,00	0,00	0,00	1,00	0,12	1,60	1,80	0,08	0,07	0,91
	Sala 3.4	0,25	2,65	0,69	0,09	0,26	0,92	0,73	2,65	5,25	0,28	0,14	0,68

Quadro 4.14 - Factor solar modificado dos envidraçados do piso 3

Orientação	Elemento	FM	g _⊥	α	U _m	F _V	F _R	F _S	F _H
Norte	Instalação sanitária 3.9	0,20	0,55	0,20	5,70	1,00	1,00	1,00	0,45
Este	Cozinha 3.3	0,14	0,55	0,20	5,70	0,96	0,91	0,87	0,42
	Quarto 3.5	0,19	0,55	0,20	5,70	0,96	0,86	0,83	0,37
	Quarto 3.6	0,19	0,55	0,20	5,70	1,00	0,86	0,86	0,39
Oeste	Quarto 3.8	0,15	0,55	0,20	5,70	0,96	0,91	0,87	0,42
	Suite 3.7	0,17	0,55	0,20	5,70	1,00	0,91	0,91	0,42
	Sala 3.4	0,12	0,55	0,20	5,70	0,92	0,68	0,63	0,31

Quadro 4.15 - Factores de sombreamento dos envidraçados do piso 4

Orientação	Elemento	D	H	L	D/H	L/H	F _V	R	H	W	R/H	R/W	F _R
Norte	Instalação sanitária 4.9	0,00	1,75	0,00	0,00	0,00	1,00	0,08	1,75	0,70	0,05	0,11	1,00
Este	Cozinha 4.3	0,60	2,00	0,92	0,30	0,46	0,96	0,12	2,00	2,04	0,06	0,06	0,91
	Quarto 4.5	0,60	1,00	0,92	0,60	0,92	0,96	0,12	1,00	1,50	0,12	0,08	0,91
	Quarto 4.6	0,00	2,10	0,00	0,00	0,00	1,00	0,28	2,10	1,82	0,13	0,15	0,82
Oeste	Quarto 4.8	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,08	2,00	1,20	0,04	0,07	0,91
	Suite 4.7	0,00	1,60	0,00	0,00	0,00	1,00	0,12	1,60	1,80	0,08	0,07	0,91
	Sala 4.4	0,00	2,65	0,00	0,00	0,00	1,00	0,73	2,65	5,25	0,28	0,14	0,68

Quadro 4.16 - Factor solar modificado dos envidraçados do piso 4

Orientação	Elemento	FM	g _⊥	α	U _m	F _V	F _R	F _S	F _H
Norte	Instalação sanitária 4.9	0,20	0,55	0,20	5,70	1,00	1,00	1,00	0,45
Este	Cozinha 4.3	0,14	0,55	0,20	5,70	0,96	0,91	0,87	0,42
	Quarto 4.5	0,19	0,55	0,20	5,70	0,96	0,91	0,87	0,40
	Quarto 4.6	0,38	0,55	0,20	5,70	1,00	0,82	0,82	0,29
Oeste	Quarto 4.8	0,15	0,55	0,20	5,70	1,00	0,91	0,91	0,43
	Suite 4.7	0,17	0,55	0,20	5,70	1,00	0,91	0,91	0,42
	Sala 4.4	0,12	0,55	0,20	5,70	1,00	0,68	0,68	0,33

4.2.5. Limitação das condensações

O limite de saturação designa a quantidade máxima de vapor de água que o ar pode conter e é determinado através da temperatura do ar, aumentando ou diminuindo conforme esta aumenta ou diminui, respectivamente [29].

As condensações podem ser superficiais ou internas. As condensações superficiais são limitadas de forma a evitar a formação de mofo na superfície das paredes. Para obter este objectivo, a humidade relativa média mensal nas paredes tem de ser inferior a 80%. As condensações internas são limitadas de modo a que não prejudiquem as características térmicas dos materiais nem reduzam a sua vida útil. Assim, a condensação máxima acumulada em cada período anual não pode ser superior à quantidade de evaporação possível no mesmo período [28].

O aumento do teor de água dos materiais provoca uma diminuição da sua resistência térmica, aumentando a probabilidade de ocorrência de condensações. Este fenómeno, aliado à diminuição da temperatura superficial dos materiais, provocada por processos de secagem, pode contribuir para a ocorrência de condensações [29].

De modo a verificar o limite de condensações nas paredes, os espaços habitáveis classificam-se de acordo com o excesso de humidade no interior. A classificação é feita de acordo com a norma EN ISO 13788:2002, da seguinte forma [28]:

- espaços de classe higrométrica 5: espaços em que se prevê uma grande produção de humidade (lavandarias, piscinas, entre outros);
- espaços de classe higrométrica 4: espaços em que se prevê uma alta produção de humidade (cozinhas, restaurantes, pavilhões desportivos, entre outros);
- espaços de classe higrométrica 3: espaços em que não se prevê uma alta produção de humidade (todos os locais dos edifícios de habitação, entre outros).

A verificação das condensações superficiais e internas encontra-se na folha de cálculo FICHA 3 do Anexo III.

4.2.5.1. Condensações superficiais

Nas habitações produzem-se quantidades elevadas de vapor de água, principalmente nas instalações sanitárias e cozinhas e o arrefecimento de uma massa de ar, se atingir o limite de saturação, pode originar condensações desse vapor de água. Assim, se uma fracção autónoma não for suficientemente ventilada, o vapor de água em excesso não é totalmente removido e ao contactar com algum ponto que se encontre a uma temperatura inferior ao ponto de orvalho do ar interior tem tendência a condensar, originando assim uma condensação superficial. As condensações superficiais ocorrem com mais frequência em pontes térmicas, mas também

há a possibilidade de ocorrerem em envidraçados e em elementos correntes da envolvente com isolamento térmico insuficiente. A ocorrência de condensações superficiais favorece o desenvolvimento de bolores e manchas e pode ainda provocar degradação do reboco ou estuque [30].

Assim, o risco de ocorrência de condensações pode ser diminuído através de algumas medidas, tais como, uma melhoria do isolamento térmico, um acréscimo da temperatura ambiente, uma melhoria da ventilação do local ou uma diminuição da produção de vapor de água na fracção autónoma. Deste modo, as condições de utilização da habitação influenciam o risco de ocorrência de condensações, pois quanto maior for a produção de vapor de água e menor a ventilação proporcionada aos espaços, maior vai ser o risco de ocorrência de condensações. Também a temperatura ambiente é função das condições de ocupação dos locais. De notar, que um aumento da temperatura interior, provoca um aumento da temperatura superficial das paredes e também uma diminuição da humidade relativa, diminuindo assim o risco de ocorrência de condensações [29].

A verificação da limitação das condensações superficiais baseia-se na comparação do factor de temperatura superficial (f_{Rsi}) e do factor mínimo de temperatura superficial ($f_{Rsi,min}$) para as condições do ambiente interior e exteriores correspondentes ao mês de Janeiro. Os dados das condições ambientais exteriores encontram-se na Tabela G.2 do CTE. Admite-se como temperatura exterior e humidade relativa exterior os valores médios mensais do local onde se encontra o edifício e como temperatura interior de referência o valor de 20 °C. De modo a comprovar esta verificação o factor de temperatura superficial tem de ser superior ao factor mínimo de temperatura superficial, de acordo com a seguinte expressão [28]:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,min} \quad (4.4)$$

Através desta expressão é possível verificar que quanto menor for o factor de temperatura superficial (f_{Rsi}) maior o risco de condensações e de desenvolvimento de fungos. Os valores do factor mínimo de temperatura superficial ($f_{Rsi,min}$) podem ser obtidos na Tabela 3.2 do CTE, em função da zona climática onde se encontra o edifício e do tipo de espaço onde se encontra a parede. De notar, que se os valores máximos de transmissão térmica estabelecidos na Tabela 2.1 do CTE forem cumpridos, para os espaços de classe higrométrica 4 ou inferior, está assegurada a veri-

ficação das condensações superficiais. No entanto, deve ainda verificar-se as pontes térmicas [28].

O factor de temperatura superficial (f_{Rsi}) de cada parede ou ponte térmica depende do seu coeficiente de transmissão térmica (U) e é calculado através da seguinte expressão [28]:

$$f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0,25 \quad (4.5)$$

Nas paredes em contacto com espaços não habitáveis, onde esteja prevista pouca produção de vapor de água, e nas paredes ou pavimentos em contacto com o solo, não é necessário proceder à verificação das condensações superficiais [28].

No quadro que se segue resumem-se os valores das condensações superficiais para cada uma das soluções construtivas em estudo, representadas na Figura 4.4 e Figura 4.5:

Quadro 4.17 - Factor de temperatura da superfície interior

Solução construtiva	Elemento	U (W/m ² .°C)	f_{Rsi}	$f_{Rsi,min}$	Verificação
1	Paredes Exteriores	0,57	0,86	0,56	Cumpre
	Ponte Térmica Plana	0,75	0,81	0,56	Cumpre
2	Paredes Exteriores	0,59	0,85	0,56	Cumpre
	Ponte Térmica Plana	0,75	0,81	0,56	Cumpre
3	Paredes Exteriores	1,07	0,73	0,56	Cumpre
	Ponte Térmica Plana	0,93	0,77	0,56	Cumpre

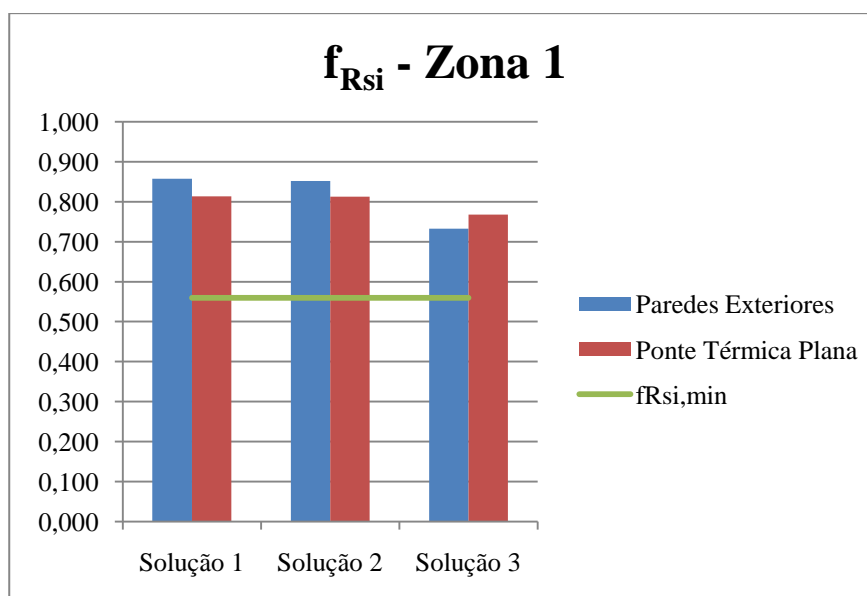


Figura 4.4 – Valores do factor de temperatura superficial para a zona 1

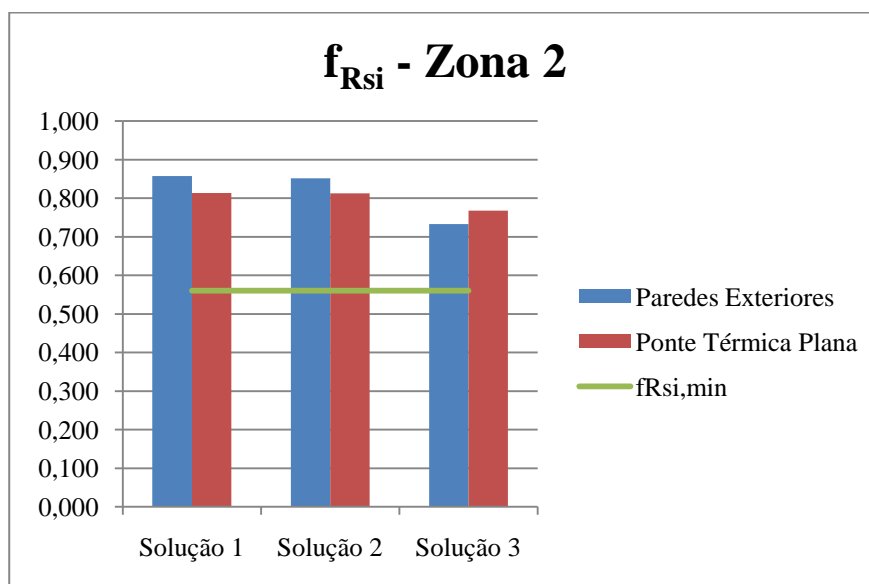


Figura 4.5 - Valores do factor de temperatura superficial para a zona 2

4.2.5.2. Condensações internas

As condensações também podem ocorrer no interior da envolvente dos edifícios, principalmente quando atinge uma camada fria e impermeável, originando assim uma condensação interna. Estas condensações ocorrem quando, num determinado local, a pressão parcial do vapor de água iguala a pressão de saturação nesse mesmo local. A ocorrência destas condensações é função das características de isolamento térmico dos materiais, que influenciam a temperatura no interior e, consequentemente, o valor da pressão de saturação em cada local e das características de permeabilidade ao vapor de água desses mesmos materiais, que influenciam as variações de pressão parcial. O risco destas condensações ocorrerem pode ser minimizado através da diminuição da quantidade de vapor de água existente na fracção autónoma. Isto pode ser obtido melhorando a taxa de renovação de ar, diminuindo a produção de vapor de água, aquecendo a fracção autónoma e, consequentemente, diminuindo a humidade relativa ou reforçando o isolamento térmico da envolvente, provocando um aumento de temperatura da sua superfície. De notar, que a localização de cada uma das camadas que formam as paredes condiciona o risco de ocorrência de condensações internas. Este tipo de condensações pode provocar danos não visíveis nos materiais, especialmente afectando a sua durabilidade e características térmicas, diminuindo assim a sua eficiência. Esta última torna-se mais grave nos isolantes térmicos. A ocorrência de condensações

internas cria condições favoráveis ao desenvolvimento de bactérias que podem causar doenças aos ocupantes [29][30].

A verificação da ocorrência de condensações internas baseia-se na comparação entre a pressão de vapor de água (P_n) e a pressão de saturação (P_{sat}) existente em cada ponto intermédio de uma parede formada por várias camadas, de acordo com as condições interiores e exteriores correspondentes ao mês de Janeiro, de acordo com a seguinte expressão [28]:

$$P_n \leq P_{sat} \quad (4.6)$$

Sempre que a pressão de vapor de água for igual ou superior à pressão de saturação, há ocorrência de condensações. Os dados das condições ambientais exteriores encontram-se na Tabela G.2 do CTE. Admite-se como temperatura exterior e humidade relativa exterior os valores médios mensais do local onde se encontra o edifício e como temperatura interior de referência o valor de 20 °C. A temperatura relativa do ambiente interior é dependente da classe higrométrica do espaço [28]:

- a) 70% para classe higrométrica 5;
- b) 62% para classe higrométrica 4;
- c) 55% para classe higrométrica 3 ou inferior.

De modo a comprovar que não existe ocorrência de condensações internas deve verificar-se que a pressão de vapor na superfície de cada camada é inferior à pressão de saturação de vapor. É necessário verificar para cada parede e ponte térmica exterior a distribuição de temperatura, a distribuição de pressão de saturação de vapor e a distribuição de pressão de vapor. A distribuição de temperaturas ao longo da espessura de uma parede formada por várias camadas depende das temperaturas do ar de ambos os lados da mesma, tal como da resistência térmica de cada camada (R_1, R_2, \dots, R_n), da resistência térmica superficial interior (R_{si}) e exterior (R_{se}). Relativamente às resistências térmicas de cada camada da parede já foram calculadas anteriormente no capítulo 3.4, quando se calcularam os coeficientes de transmissão térmica (U) de cada solução construtiva. Quanto ao cálculo da temperatura superficial exterior (θ_{se}), é efectuado do seguinte modo [28]:

$$\theta_{se} = \theta_e + \frac{R_{se}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (4.7)$$

em que:

θ_e – temperatura do ar exterior da localidade onde o edifício está localizado, correspondente à temperatura média do mês de Janeiro (°C);

θ_i – temperatura do ar interior (20 °C);

R_T – resistência térmica total do elemento ($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$);

R_{se} – resistência térmica superficial exterior ($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$).

A temperatura em cada uma das camadas do elemento construtivo é calculada do seguinte modo [28]:

$$\begin{aligned}\theta_1 &= \theta_{se} + \frac{R_1}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \\ \theta_2 &= \theta_1 + \frac{R_2}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \\ \theta_n &= \theta_{n-1} + \frac{R_n}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)\end{aligned}\tag{4.8}$$

em que:

θ_{se} – temperatura superficial exterior;

θ_e – temperatura do ar exterior da localidade onde o edifício está localizado, correspondente à temperatura média do mês de Janeiro (°C);

θ_i – temperatura do ar interior (20 °C);

$\theta_1, \dots, \theta_{n-1}$ – temperatura em cada camada do elemento (°C);

R_1, R_2, \dots, R_n – resistência térmica de cada camada do elemento ($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$);

R_T – resistência térmica total do elemento ($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$).

Quanto à temperatura superficial interior (θ_{si}) é calculada do seguinte modo [28]:

$$\theta_{si} = \theta_n + \frac{R_{si}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)\tag{4.9}$$

em que:

θ_e – temperatura do ar exterior da localidade onde o edifício está localizado, correspondente à temperatura média do mês de Janeiro (°C);

θ_i – temperatura do ar interior (20 °C);

θ_n – temperatura em cada camada (°C);

R_{si} – resistência térmica superficial interior (m².°C/W);

R_T – resistência térmica total do elemento (m².°C/W).

Para efeitos de cálculo do CTE considera-se que a distribuição de temperatura em cada camada do elemento é linear [28].

A distribuição da pressão de saturação de vapor ao longo de um elemento formado por diversas camadas é determinada com base na distribuição de temperaturas obtidas através das expressões supracitadas, de acordo com as seguintes expressões [28]:

1. Se a temperatura (θ) for igual ou superior a 0 °C:

$$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}} \quad (4.10)$$

2. Se a temperatura (θ) for inferior a 0 °C:

$$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{21,875 \cdot \theta}{265,5 + \theta}} \quad (4.11)$$

A distribuição de pressão de vapor ao longo do elemento é calculada através das seguintes expressões [28]:

$$\begin{aligned} P_1 &= P_e + \frac{S_{d1}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e) \\ P_2 &= P_1 + \frac{S_{d2}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e) \\ P_n &= P_{n-1} + \frac{S_{dn}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e) \end{aligned} \quad (4.12)$$

em que:

P_i – pressão de vapor do ar interior (Pa);

P_e – pressão de vapor do ar exterior (Pa);

P_1, \dots, P_{n-1} – pressão de vapor em cada camada n (Pa);

S_{d1}, \dots, S_{dn} – espessura de ar equivalente de cada camada em relação à difusão de vapor de água, calculado conforme a seguinte expressão (m):

$$S_{dn} = e_n \cdot \mu_n \quad (4.13)$$

em que:

μ_n – factor de resistência à difusão do vapor de água em cada camada;

e_n – espessura de cada camada (m).

O cálculo de P_i e P_e , em função da temperatura e da humidade relativa, é feito através das seguintes expressões [28]:

$$P_i = \phi_i \cdot P_{sat}(\theta_i) \quad (4.14)$$

$$P_e = \phi_e \cdot P_{sat}(\theta_e) \quad (4.15)$$

em que:

ϕ_i – humidade relativa do ambiente interior;

ϕ_e – humidade relativa do ambiente exterior.

As paredes em contacto com o solo e as paredes que disponham de barreira pára-vapor, estão isentas da verificação das condensações internas. Nas paredes em contacto com espaços não habitáveis, onde esteja prevista uma grande produção de humidade, deve colocar-se uma barreira pára-vapor [28].

Nos quadros que se seguem resumem-se os valores das condensações superficiais para cada uma das zonas e soluções construtivas em estudo:

- Zona 1:

Quadro 4.18 – Valores necessários à verificação das condensações internas para a zona 1

Solução construtiva	Elemento	R (m ² .°C/W)	θ _e	θ _i	R _{se}	θ _{se}	P _{sat,i}	P _{sat,e}	P _i	P _e
1	Paredes Exteriores	1,75	8,70	20,00	0,04	8,96	2336,95	1124,41	1285,32	618,42
	Ponte Térmica Plana	1,34	8,70	20,00	0,04	9,04	2336,95	1124,41	1285,32	618,42
2	Paredes Exteriores	1,69	8,70	20,00	0,04	8,97	2336,95	1124,41	1285,32	618,42
	Ponte Térmica Plana	1,34	8,70	20,00	0,04	9,04	2336,95	1124,41	1285,32	618,42
3	Paredes Exteriores	0,94	8,70	20,00	0,04	9,18	2336,95	1124,41	1285,32	618,42
	Ponte Térmica Plana	1,08	8,70	20,00	0,04	9,12	2336,95	1124,41	1285,32	618,42

Quadro 4.19 – Verificação das condensações internas nas paredes exteriores (solução construtiva 1)

Elemento	e (m)	R (m ² .°C/W)	θ _n	P _{sat} (Pa)	μ _n	S _{dn}	P _n (Pa)	Verificação
Reboco (estruque tradicional)	0,02	0,05	9,26	1167,61	10,00	0,20	727,38	Cumpre
Isolamento térmico (EPS)	0,04	1,00	15,71	1783,68	20,00	0,80	1163,19	Cumpre
Tijolo cerâmico furado 22	0,22	0,52	19,06	2204,69	0,11	0,02	1176,37	Cumpre
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	0,02	19,16	2218,37	10,00	0,20	1285,32	Cumpre
θ _{si}	-	0,13	20,00	2336,95	-	-	-	

Quadro 4.20 - Verificação das condensações internas nas pontes térmicas planas (solução construtiva 1)

Elemento	e (m)	R (m ² .°C/W)	θ _n	P _{sat} (Pa)	μ _n	S _{dn}	P _n (Pa)	Verificação
Reboco (estruque tradicional)	0,02	0,05	9,43	1181,10	10,00	0,20	625,52	Cumpre
Isolamento térmico (EPS)	0,04	1,00	17,85	2043,38	20,00	0,80	653,90	Cumpre
Betão armado	0,22	0,11	18,78	2165,61	80,00	17,60	1278,23	Cumpre
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	0,02	18,91	2183,21	10,00	0,20	1285,32	Cumpre
θ _{si}	-	0,13	20,00	2336,95	-	-	-	

Quadro 4.21 - Verificação das condensações internas nas paredes exteriores (solução construtiva 2)

Elemento	e (m)	R (m ² .°C/W)	θ _n	P _{sat} (Pa)	μ _n	S _{dn}	P _n (Pa)	Verificação
Reboco (estruque tradicional)	0,015	0,03	9,20	1163,19	10,00	0,15	723,75	Cumpre
Tijolo cerâmico furado 11	0,110	0,27	11,01	1312,96	0,09	0,01	730,70	Cumpre
Caixa de ar	0,030	0,18	12,22	1421,99	1,00	0,03	751,76	Cumpre
Isolamento térmico (EPS)	0,030	0,75	17,24	1966,60	20,00	0,60	1173,05	Cumpre
Tijolo cerâmico furado 11	0,110	0,27	19,05	2203,23	0,09	0,01	1180,00	Cumpre
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	0,01	19,13	2213,88	10,00	0,15	1285,32	Cumpre
θ _{si}	-	0,13	20,00	2336,95	-	-	-	

Quadro 4.22 - Verificação das condensações internas nas pontes térmicas planas (solução construtiva 2)

Elemento	e (m)	R (m ² .°C/W)	θ _n	P _{sat} (Pa)	μ _n	S _{dn}	P _n (Pa)	Verificação
Reboco (estruque tradicional)	0,015	0,03	9,33	1173,54	10,00	0,15	623,35	Cumpre
Isolamento térmico (EPS)	0,04	1,00	17,79	2035,57	20,00	0,80	649,63	Cumpre
Betão armado	0,24	0,12	18,80	2169,34	80,00	19,20	1280,40	Cumpre
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	0,01	18,90	2182,60	10,00	0,15	1285,32	Cumpre
θ _{si}	-	0,13	20,00	2336,95	-	-	-	

Quadro 4.23 - Verificação das condensações internas nas paredes exteriores (solução construtiva 3)

Elemento	e (m)	R (m ² .°C/W)	θ _n	P _{sat} (Pa)	μ _n	S _{dn}	P _n (Pa)	Verificação
Reboco (estruque tradicional)	0,015	0,03	9,60	1195,09	10,00	0,15	904,40	Cumpre
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	0,27	12,86	1483,48	0,09	0,01	923,28	Cumpre
Caixa de ar	0,03	0,18	15,03	1708,13	1,00	0,03	980,47	Cumpre
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	0,27	18,29	2101,01	0,09	0,01	999,35	Cumpre
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	0,01	18,43	2119,43	10,00	0,15	1285,32	Cumpre
θ _{si}	-	0,13	20,00	2336,95	-	-	-	

Quadro 4.24 - Verificação das condensações internas nas pontes térmicas planas (solução construtiva 3)

Elemento	e (m)	R (m ² .°C/W)	θ _n	P _{sat} (Pa)	μ _n	S _{dn}	P _n (Pa)	Verificação
Reboco (estruque tradicional)	0,015	0,03	9,49	1185,68	10,00	0,15	623,83	Cumpre
Isolamento térmico (EPS)	0,030	0,75	17,36	1981,20	20,00	0,60	645,46	Cumpre
Betão armado	0,220	0,11	18,51	2130,47	80,00	17,60	1279,92	Cumpre
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	0,01	18,64	2146,68	10,00	0,15	1285,32	Cumpre
θ _{si}	-	0,13	20,00	2336,95	-	-	-	

- Zona 2:

Quadro 4.25 - Valores necessários à verificação das condensações internas para a zona 2

Solução construtiva	Elemento	R (m ² .°C/W)	θ _e	θ _i	R _{se}	θ _{se}	P _{sat,i}	P _{sat,e}	P _i	P _e
1	Paredes Exteriores	1,75	7,40	20,00	0,04	7,69	2336,95	1029,17	1285,32	566,05
	Ponte Térmica Plana	1,34	7,40	20,00	0,04	7,78	2336,95	1029,17	1285,32	566,05
2	Paredes Exteriores	1,69	7,40	20,00	0,04	7,70	2336,95	1029,17	1285,32	566,05
	Ponte Térmica Plana	1,34	7,40	20,00	0,04	7,78	2336,95	1029,17	1285,32	566,05
3	Paredes Exteriores	0,94	7,40	20,00	0,04	7,94	2336,95	1029,17	1285,32	566,05
	Ponte Térmica Plana	1,08	7,40	20,00	0,04	7,87	2336,95	1029,17	1285,32	566,05

Quadro 4.26 - Verificação das condensações internas nas paredes exteriores (solução construtiva 1)

Elemento	e (m)	R (m ² .°C/W)	θ _n	P _{sat} (Pa)	μ _n	S _{dn}	P _n (Pa)	Verificação
Reboco (estruque tradicional)	0,02	0,05	8,02	1073,83	10,00	0,20	683,56	Cumpre
Isolamento térmico (EPS)	0,04	1,00	15,21	1728,08	20,00	0,80	1153,59	Cumpre
Tijolo cerâmico furado 22	0,22	0,52	18,95	2189,91	0,11	0,02	1167,81	Cumpre
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	0,02	19,07	2205,07	10,00	0,20	1285,32	Cumpre
θ _{si}	-	0,13	20,00	2336,95	-	-	-	

Quadro 4.27 - Verificação das condensações internas nas pontes térmicas planas (solução construtiva 1)

Elemento	e (m)	R (m ² .°C/W)	θ _n	P _{sat} (Pa)	μ _n	S _{dn}	P _n (Pa)	Verificação
Reboco (estruque tradicional)	0,02	0,05	8,21	1087,81	10,00	0,20	573,70	Cumpre
Isolamento térmico (EPS)	0,04	1,00	17,60	2011,77	20,00	0,80	604,31	Cumpre
Betão armado	0,22	0,11	18,63	2146,62	80,00	17,60	1277,67	Cumpre
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	0,02	18,78	2166,10	10,00	0,20	1285,32	Cumpre
θ _{si}	-	0,13	20,00	2336,95	-	-	-	

Quadro 4.28 - Verificação das condensações internas nas paredes exteriores (solução construtiva 2)

Elemento	e (m)	R (m ² .°C/W)	θ _n	P _{sat} (Pa)	μ _n	S _{dn}	P _n (Pa)	Verificação
Reboco (estruque tradicional)	0,015	0,03	7,96	1069,25	10,00	0,15	679,64	Cumpre
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	0,27	9,98	1225,40	0,09	0,01	687,14	Cumpre
Caixa de ar	0,03	0,18	11,32	1340,32	1,00	0,03	709,86	Cumpre
Isolamento térmico (EPS)	0,03	0,75	16,93	1927,49	20,00	0,60	1164,23	Cumpre
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	0,27	18,94	2188,29	0,09	0,01	1171,73	Cumpre
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	0,01	19,03	2200,09	10,00	0,15	1285,32	Cumpre
θ _{si}	-	0,13	20,00	2336,95	-	-	-	

Quadro 4.29 - Verificação das condensações internas nas pontes térmicas planas (solução construtiva 2)

Elemento	e (m)	R (m ² .°C/W)	θ _n	P _{sat} (Pa)	μ _n	S _{dn}	P _n (Pa)	Verificação
Reboco (estruque tradicional)	0,015	0,03	8,11	1079,97	10,00	0,15	571,36	Cumpre
Isolamento térmico (EPS)	0,04	1,00	17,53	2003,18	20,00	0,80	599,71	Cumpre
Betão armado	0,24	0,12	18,67	2150,75	80,00	19,20	1280,01	Cumpre
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	0,01	18,77	2165,42	10,00	0,15	1285,32	Cumpre
θ _{si}	-	0,13	20,00	2336,95	-	-	-	

Quadro 4.30 - Verificação das condensações internas nas paredes exteriores (solução construtiva 3)

Elemento	e (m)	R (m ² .°C/W)	θ _n	P _{sat} (Pa)	μ _n	S _{dn}	P _n (Pa)	Verificação
Reboco (estruque tradicional)	0,015	0,03	8,41	1102,34	10,00	0,15	874,48	Cumpre
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	0,27	12,04	1405,56	0,09	0,01	894,84	Cumpre
Caixa de ar	0,03	0,18	14,46	1646,32	1,00	0,03	956,53	Cumpre
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	0,27	18,10	2075,25	0,09	0,01	976,89	Cumpre
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	0,01	18,25	2095,58	10,00	0,15	1285,32	Cumpre
θ _{si}	-	0,13	20,00	2336,95	-	-	-	

Quadro 4.31 - Verificação das condensações internas nas pontes térmicas planas (solução construtiva 3)

Elemento	e (m)	R (m ² .°C/W)	θ _n	P _{sat} (Pa)	μ _n	S _{dn}	P _n (Pa)	Verificação
Reboco (estruque tradicional)	0,015	0,03	8,28	1092,57	10,00	0,15	571,88	Cumpre
Isolamento térmico (EPS)	0,03	0,75	17,06	1943,49	20,00	0,60	595,21	Cumpre
Betão armado	0,22	0,11	18,34	2107,77	80,00	17,60	1279,49	Cumpre
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	0,01	18,48	2125,69	10,00	0,15	1285,32	Cumpre
θ _{si}	-	0,13	20,00	2336,95	-	-	-	

4.2.6. Permeabilidade ao ar

A permeabilidade das caixilharias dos vãos envidraçados é limitada de acordo com a zona climática em que se encontra o edifício, não podendo ter valores superiores aos seguintes [28]:

- a) $50 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$, para as zonas climáticas A e B;
- b) $27 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$, para as zonas climáticas C, D e E.

4.3. Rendimento dos sistemas térmicos (HE 2)

Os edifícios devem dispor de sistemas térmicos destinadas a proporcionar o conforto térmico dos ocupantes. Estes requisitos encontram-se no *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios* (RITE – Regulamento de Instalações Térmicas de Edifícios) [23].

Este regulamento é desenvolvido com base no desempenho ou objectivos, ou seja, indicando exigências a serem cumpridas pelas instalações térmicas sem a utilização obrigatória de uma técnica ou material particular. Além disso, este regulamento rege os requisitos de eficiência energética e de segurança que as instalações térmicas nos edifícios devem cumprir de modo a satisfazer as exigências de bem estar e a saúde dos ocupantes [24].

Para a aplicação do RITE consideram-se como instalações térmicas os sistemas de climatização (aquecimento, arrefecimento e ventilação) e de produção de água quente sanitária, destinados a satisfazer as exigências de conforto térmico e higiene dos ocupantes. O RITE aplica-se às instalações térmicas dos edifícios novos e alterações em edifícios já construídos. As instalações térmicas devem ser concebidas de modo a obter uma qualidade térmica do ar interior e de preparação de água quente sanitária aceitáveis para os utilizadores do edifício, sem comprometer a qualidade acústica do local. Devem também ser concebidas de modo a reduzir o consumo de energia e as emissões de gases poluentes, através da utilização de energias renováveis, de sistemas eficientes energeticamente e que permitam a recuperação de energia [24].

A exigência de qualidade térmica do ambiente interior é satisfeita se os parâmetros que definem o conforto térmico, como a temperatura, a humidade relativa, a temperatura média e a velocidade média do ar no local estiverem dentro dos valores estabelecidos na secção 1.1.4 do RITE [24].

4.4. Eficiência energética dos sistemas de iluminação (HE 3)

Os edifícios devem dispor de sistemas de iluminação eficientes energeticamente adequados às necessidades dos seus ocupantes, dispondo de um sistema de controlo e de um sistema regulador que otimiza o aproveitamento da luz solar [23].

Esta secção do CTE aplica-se a edifícios novos, a reabilitação de edifícios existentes, onde seja renovada mais de 25% da superfície iluminada e a reabilitação de locais comerciais e edifícios administrativos onde se renove os sistemas de iluminação. Por sua vez, os edifícios descritos no ponto 1.1 da secção HE 3 do CTE são excluídos desta verificação [28].

Para calcular e determinar as soluções para os sistemas de iluminação é necessário ter em conta os seguintes factores [28]:

- a utilização da área a iluminar;
- o tipo de tarefa a realizar no local;
- as necessidades de luz e de utilização do local;
- o índice do local (K), dependente das dimensões do local (comprimento, largura e altura);
- a reflectância¹⁹ das paredes, tecto e pavimento;
- as características e tipo de tecto;
- as condições de luz natural;
- o tipo de acabamento e decoração;
- o mobiliário previsto.

O índice do local (K) é calculado através da seguinte expressão:

$$K = \frac{L \cdot A}{H \cdot (L + A)} \quad (4.16)$$

em que:

L – comprimento do local;

A – largura do local;

H – distância entre o plano de trabalho e as lâmpadas.

¹⁹ Relação entre a luz reflectida e a luz incidente [28]

Para o cumprimento desta secção do regulamento é necessário obter, para cada zona, no mínimo os seguintes resultados [28]:

- a) valor da eficiência energética dos sistemas de iluminação (VEEI)²⁰;
- b) iluminação média horizontal mantida (E_m)²¹ no plano horizontal;
- c) índice de claridade unificado (UGR)²² para o observador;
- d) valores do índice de rendimento de cor (R_a)²³;
- e) potências dos conjuntos lâmpada mais equipamento auxiliar²⁴.

O cálculo tanto pode ser efectuado manualmente como através de um programa informático que obtenha como mínimo os resultados supracitados. De notar, que as lâmpadas e equipamentos auxiliares devem cumprir o estipulado na norma específica para cada tipo de material. As lâmpadas utilizadas nos sistemas de iluminação de cada zona terão limitadas as perdas dos seus equipamentos auxiliares, de modo à potência do conjunto lâmpada mais equipamento auxiliar não ser superior aos valores indicados nas Tabelas 3.1 e 3.2 da secção HE 3 do CTE [28].

Como não existem dados quanto aos sistemas de iluminação das fracções autónomas em estudo, esta não foi verificada, mas apresentam-se de seguida os requisitos necessários a verificar.

4.4.1. Cálculo do valor de eficiência energética do sistema de iluminação

A eficiência energética de um sistema de iluminação de uma zona é determinada através do valor de eficiência energética do sistema (VEEI – *Valor de Eficiencia Energética de la Instalación*) (W/m^2) por cada lux²⁵, através da seguinte expressão [28]:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} \quad (4.17)$$

²⁰ Valor que mede a eficiência energética de um sistema de iluminação de uma determinada zona, medido em (W/m^2) por cada 100 lux [28]

²¹ Valor a que a iluminação média de área específica não deve ser inferior [28]

²² Índice de claridade de desconforto relativamente às luzes de um sistema de iluminação interior [28]

²³ Efeito da iluminação na cor de um objecto iluminado em comparação com a sua cor sob a actuação de uma iluminação de referência. Forma como a luz de uma lâmpada reproduz as cores dos objectos iluminados [28]

²⁴ Equipamento eléctrico ou electrónico relacionado com a lâmpada e que é diferente para cada tipo de lâmpada. Tem como função acender e controlar as condições de funcionamento da lâmpada [28]

²⁵ Unidade SI para a quantificação da iluminação [28]

em que:

P – potência da lâmpada e do equipamento auxiliar (W);

S – superfície iluminada (m²);

E_m – iluminação média mantida (lux).

De modo a estabelecer os correspondentes valores de eficiência energética limite, os sistemas de iluminação identificam-se, dependendo da utilização da zona, entre um dos dois grupos descritos no ponto 2.1 da secção HE 3 do CTE. Na Tabela 2.1 dessa mesma secção encontram-se os valores limites de eficiência energética dos sistemas de iluminação [28].

4.4.2. Sistemas de controlo e regulação

Os sistemas de iluminação devem dispor, para cada zona, de um sistema de regulação e controlo com as seguintes condições [28]:

- a) no caso de não existir outro sistema de controlo, todas as zonas devem dispor, pelo menos, de um interruptor que permita ligar e desligar manualmente. Não é aceitável que o único sistema de ligar a desligar o sistema de iluminação de uma zona seja o quadro eléctrico. As zonas de utilização ocasional necessitam de um interruptor que permita ligar a desligar por cada sistema de detecção de presença²⁶ ou sistema de temporização²⁷;
- b) devem ser instalados sistemas de aproveitamento da luz natural²⁸, que regulem a quantidade de iluminação em função da quantidade de luz natural. Estes sistemas devem ser instalados a uma distância inferior a 3 m de uma janela e por baixo das clarabóias, nos seguintes casos:
 - i. nas zonas pertencentes aos grupos 1 e 2 que possuam vãos envidraçados para o exterior, quando estes cumpram simultaneamente as seguintes condições:

²⁶ Dispositivo que controla automaticamente, acendendo ou apagando o sistema de iluminação de acordo com a presença ou não de pessoas na área [28]

²⁷ Dispositivo que desliga automaticamente um sistema de iluminação ao fim de um certo tempo predefinido [28]

²⁸ Dispositivo que regula automaticamente o fluxo luminoso de um sistema de iluminação, em função do fluxo luminoso proporcionado pela luz natural, de modo a que os dois fluxos atinjam uma iluminação confortável nessa zona. Existem dois sistemas, um ligado ou desligado e um de regulação progressiva. O primeiro activa ou desactiva o sistema de iluminação abaixo ou acima de um nível de iluminação programado, enquanto o segundo ajusta progressivamente a iluminação à luz natural, de modo a atingir o nível de iluminação programado [28]

- o ângulo (θ) seja superior a 65° , sendo θ o ângulo desde o ponto médio do vão envidraçado ate à cota máxima do edifício obstáculo, como exemplificado na Figura 4.6;

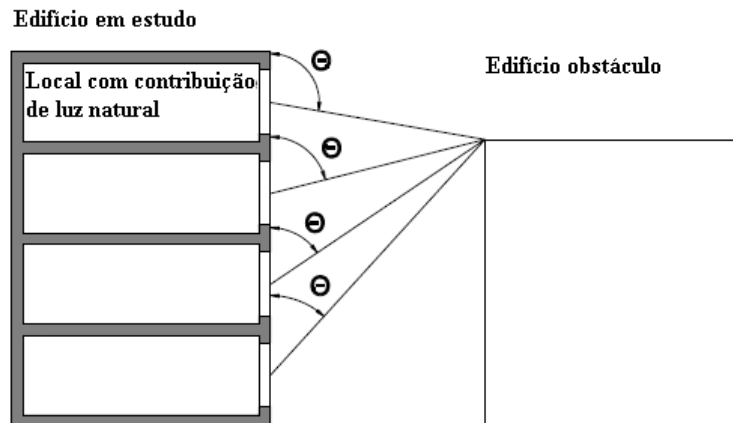


Figura 4.6 - Ângulo (θ) (adaptado) [28]

- quando cumpre a seguinte expressão:

$$T \cdot \left(\frac{A_w}{A} \right) > 0,11 \quad (4.18)$$

em que:

T – coeficiente de transmissão de luz do envidraçado²⁹;

A_w – área de envidraçado da zona (m^2);

A – área total de parede da zona, com envidraçados para o exterior ou para um pátio interior (m^2).

- ii. em todas as zonas pertencentes aos grupos 1 e 2 que possuam vãos envidraçados para um pátio interior, quando estes cumpram simultaneamente as seguintes condições:
 - no caso de pátios não cobertos que possuam uma largura (a_i) superior a duas vezes a distancia (h_i), sendo h_i a distancia entre o solo da fracção autónoma em estudo e a cobertura do edifício, como exemplificado na Figura 4.7;

²⁹ Percentagem de luz natural, no seu espectro visível, que um vidro deixa passar [28]

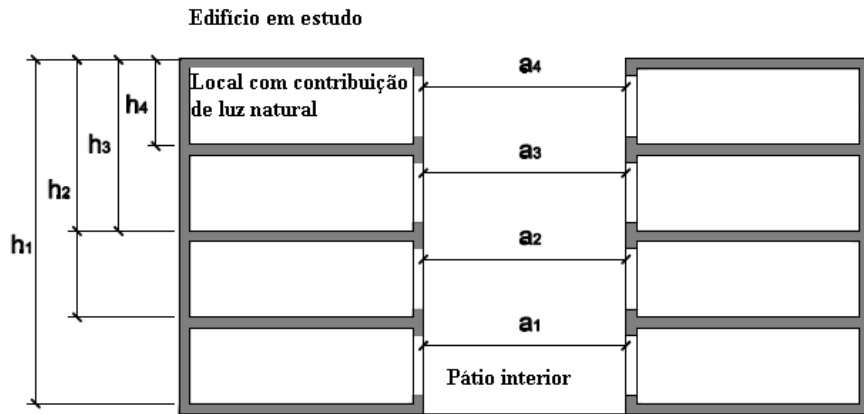


Figura 4.7 – Sombreamento para pátios não cobertos (adaptado) [28]

- no caso de pátios cobertos por envidraçados que possuam uma largura (a_i) superior a $2/T_c$ vezes a distancia (h_i), sendo h_i a distância entre o solo da fracção autónoma em estudo e a cobertura do edifício e T_c o coeficiente de transmissão de luz do envidraçado que cobre o pátio, expresso em %;

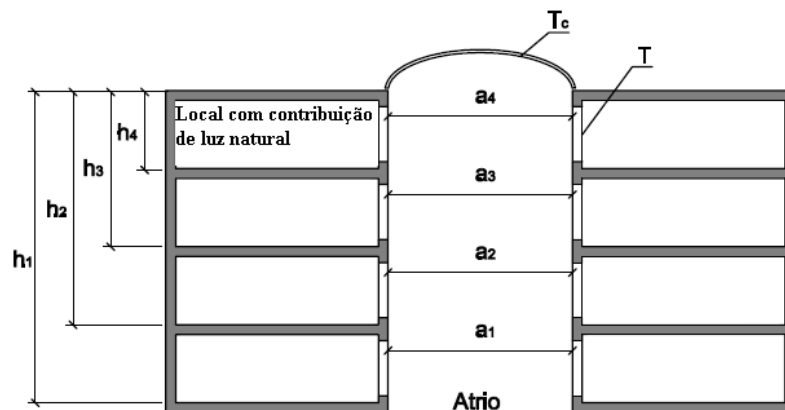


Figura 4.8 – Sombreamento para pátios cobertos (adaptado) [28]

- quando cumpre a seguinte expressão:

$$T \cdot \left(\frac{A_w}{A} \right) > 0,11 \quad (4.19)$$

em que:

T – coeficiente de transmissão de luz do envidraçado;

A_w – área de envidraçado da zona (m^2);

A – área total de parede da zona, com envidraçados para o exterior ou para um pátio interior (m^2).

Estão isentas de cumprir as verificações dos pontos i e ii referidos, as zonas comuns de edifícios residenciais, quartos de hospitais, hotéis, pensões e outros com as mesmas finalidades [28].

4.5. Contribuição solar mínima para o fornecimento de água quente (HE 4)

Uma parte das necessidades de aquecimento dos edifícios, principalmente as exigências de água quente sanitária, deve ser resultante de sistemas colectores solares. Estes sistemas têm um plano de manutenção previsto pelo regulamento, com o intuito de assegurar um correcto funcionamento. Existe assim um plano de monitorização e um plano de manutenção preventiva. O primeiro define apenas uma observação dos parâmetros operacionais principais, de modo a verificar o correcto funcionamento da instalação. As acções a verificar e a realizar encontram-se na Tabela 4.1 da secção HE 4 do CTE. O segundo define operações de inspecção visual, verificação e outras actividades que permitem manter dentro dos limites aceitáveis as condições de funcionamento, segurança e durabilidade da instalação. Este plano deve ser efectuado por pessoal técnico competente com conhecimento da tecnologia utilizada. A manutenção implica pelo menos uma revisão anual para instalações com uma superfície de captação inferior a 20 m² e uma revisão a cada seis meses para instalações com uma superfície de captação superior a 20 m². Devem ser efectuadas todas as acções de manutenção necessárias e substituição dos elementos desgastados, de forma a assegurar um correcto funcionamento durante o período de vida útil do sistema. As acções a verificar e a realizar encontram-se nas Tabelas 4.2 a 4.7 da secção HE 4 do CTE [23][28].

Esta secção do CTE aplica-se a edifícios novos e a reabilitações de edifícios existentes onde exista uma necessidade de água quente sanitária ou climatização de uma piscina coberta. A contribuição solar mínima determinada através desta secção pode ser diminuída nos casos descritos no ponto 1.1 da secção HE 4 do CTE [28].

Como não existem dados quanto aos sistemas de iluminação das fracções autónomas em estudo, esta não foi verificada, mas apresentam-se de seguida os requisitos necessários a verificar.

4.5.1. Contribuição solar mínima

As contribuições solares apresentadas no CTE são apenas as mínimas exigidas, podendo estas ser aumentadas no caso de ser benéfico. A contribuição solar mínima anual é a fracção entre os valores anuais de energia solar exigidos e a exigência energética anual, obtida através dos valores mensais. Nas Tabelas 2.1 e 2.2 da secção HE 4 do CTE encontram-se, para cada zona climática e diferentes exigências de AQS (a uma temperatura de referência de 60 °C), a contribuição solar mínima anual e na Tabela 2.3 encontra-se, para cada zona climática, a contribuição solar mínima anual para climatização de piscinas cobertas. Independentemente da utilização da instalação, no caso de em algum mês a contribuição solar real seja superior a 110% da exigência de energia ou em mais de três meses seguidos seja superior a 100%, é necessário adoptar uma das seguintes medidas [28]:

- a) possibilitar que a instalação dissipe os excedentes de energia;
- b) cobrir parcialmente o colector;
- c) utilizar o excesso de energia para outras aplicações.

A orientação e inclinação do sistema e as possibilidades de sombreamento sobre o mesmo devem ser estudadas de modo às perdas serem inferiores aos limites estabelecidos na Tabela 2.4 do CTE. Considera-se a orientação Sul como sendo a óptima e a inclinação óptima, de acordo com o período de utilização, um dos seguintes valores [28]:

- a) exigência anual constante: a latitude geográfica;
- b) exigência no período de Inverno: a latitude geográfica + 10°;
- c) exigência no período de Verão: a latitude geográfica – 10°.

4.5.1.1. Cálculo das perdas por orientação e inclinação

Para o cálculo das perdas por orientação³⁰ e inclinação³¹ é necessário determinar os limites de orientação e inclinação dos módulos de acordo com as máximas perdas admissíveis pelo regulamento. As perdas devem ser calculadas de acordo com o ângulo de inclinação (β), e o ângulo de azimute (α). O ângulo de inclinação

³⁰ Quantidade de radiação solar desaproveitada pelo colector devido a não se encontrar na orientação óptima [28]

³¹ Quantidade de radiação solar desaproveitada pelo colector devido a não se encontrar com a inclinação óptima [28]

(β) é o ângulo que forma a superfície do módulo com o plano horizontal, sendo o seu valor 0° para módulos na horizontal e 90° para módulos na vertical. O ângulo de azimuth (α) é o ângulo entre a projecção no plano horizontal da normal à superfície do módulo e o meridiano do local onde se encontra o edifício, sendo o seu valor 0° para módulos orientados a Sul, -90° para módulos orientados a Este e $+90^\circ$ para módulos orientados a Oeste [28].

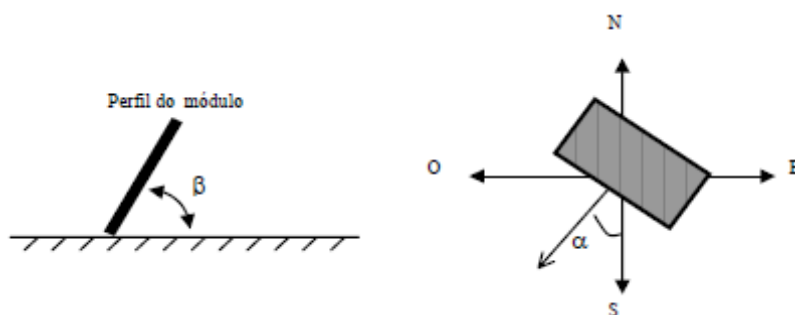


Figura 4.9 – Orientação e inclinação dos módulos (adaptado) [28]

Uma vez determinado o ângulo de azimuth do colector, é necessário calcular os limites de inclinação aceitáveis de acordo com as perdas máximas em relação à inclinação ideal estabelecida na Figura 4.10, válida para uma latitude (ϕ) de 41° , do seguinte modo:

- a) conhecido o azimuth, determina-se na Figura 4.10 os limites para a inclinação para o caso de $\phi = 41^\circ$. Para o caso geral as perdas máximas são de 10%, para sobreposição³² são de 20% e para a integração arquitectónica³³ são de 40%. Através dos pontos de intersecção do limite das perdas com a recta do azimuth é possível obter os valores da inclinação máxima e mínima.
- b) no caso de não existir qualquer intersecção entre ambas, as perdas são superiores às permitidas e a instalação não é regulamentar.
- c) se as curvas se intersectarem, é possível obter os valores para a latitude de $\phi = 41^\circ$ e corrigir de acordo com a diferença entre a latitude do local e a latitude de 41° , de acordo com as seguintes expressões:
 - i. inclinação máxima = inclinação ($\phi = 41^\circ$) – (41° - latitude);

³² Quando os módulos estão dispostos paralelamente à envolvente do edifício, não tendo a dupla funcionalidade dos módulos de integração arquitectónica. Não são incluídos neste conceito os módulos na posição horizontal, a fim de promover a auto-limpeza dos mesmos [28]

³³ Quando os módulos têm uma dupla função, energética e arquitectónica (revestimento ou sombreamento) e substituem elementos convencionais da construção ou são componentes da composição arquitectónica [28]

- ii. inclinação mínima = inclinação ($\phi = 41^\circ$) – (41° - latitude); sendo 5° o valor mínimo.

Nos casos que se encontram perto do limite e como meio de verificação, utiliza-se a seguinte expressão [28]:

$$Perdas(\%) = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2] \quad \text{para } 15^\circ < \beta < 90^\circ \quad (4.20)$$

$$Perdas(\%) = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2] \quad \text{para } \beta \leq 15^\circ \quad (4.21)$$

em que:

β – ângulo de inclinação ($^\circ$)³⁴;

β_{opt} – ângulo de inclinação ótimo ($^\circ$);

α – ângulo de azimuth ($^\circ$).

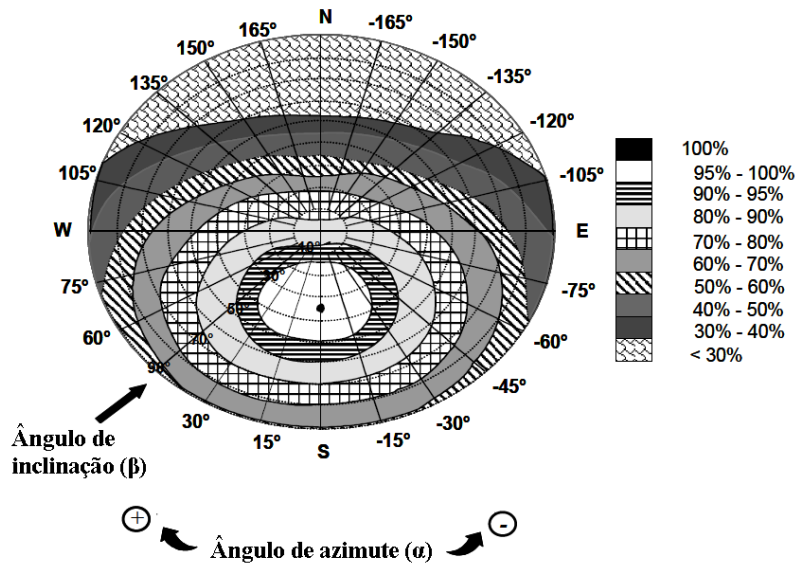


Figura 4.10 – Percentagem de energia relativamente ao máximo devido às perdas por orientação e inclinação (adaptado) [28]

4.5.1.2. Cálculo das perdas por sombreamento

As perdas de radiação solar devido ao sombreamento são expressas como a percentagem de radiação solar global que incidiria sobre a superfície no caso de

³⁴ Grados

ausência de sombra. O procedimento de cálculo consiste em comparar o perfil dos obstáculos que afectam a superfície em estudo com o diagrama de trajectórias do Sol. Em primeiro lugar, é necessário localizar os principais obstáculos que afectam a superfície em estudo, nomeadamente as coordenadas de posição do azimute (ângulo de desvio em relação ao Sul) e a sua elevação (ângulo de inclinação com o plano horizontal). De seguida deve representar-se o perfil dos obstáculos no diagrama da Figura 4.11, que indica as trajectórias do Sol ao longo de todo o ano. Este diagrama é válido para a Península Ibérica e para as Ilhas Baleares. O diagrama encontra-se dividido em secções, delimitadas pelas horas solares (representadas como negativas antes do meio dia solar e como positivas depois após este) e identificadas por uma letra e um número (A1, A2, ..., D14). De notar, que cada uma das porções da Figura 4.11 representa o caminho percorrido pelo Sol num período de tempo e tem, portanto, uma determina contribuição para a radiação solar global anual na superfície em estudo. Assim, o facto de um obstáculo cobrir uma parte do colector, envolve uma certa perda de radiação, em particular aquela que se encontra obstruída pelo obstáculo. A comparação do perfil do obstáculo com o diagrama de trajectórias do Sol permite calcular as perdas por sombreamento³⁵ da radiação solar incidente na superfície, para todo o ano, somando as contribuições das partes que se encontram total ou parcialmente cobertas pelos obstáculos. No Anexo B da secção HE 4 do CTE encontram-se as tabelas de referência relativas ao sombreamento. Estas tabelas referem-se a diferentes superfícies caracterizadas pelos seus ângulos de inclinação (β) e orientação (α), devendo ser escolhida a mais semelhante à superfície em estudo. Os valores de cada tabela correspondem à percentagem de radiação solar global anual que se perdia se a parcela correspondente estivesse coberta por um obstáculo [28].

³⁵ Quantidade de radiação solar desaproveitada pelo colector devido à existência de sombras sobre o mesmo a qualquer hora do dia [28]

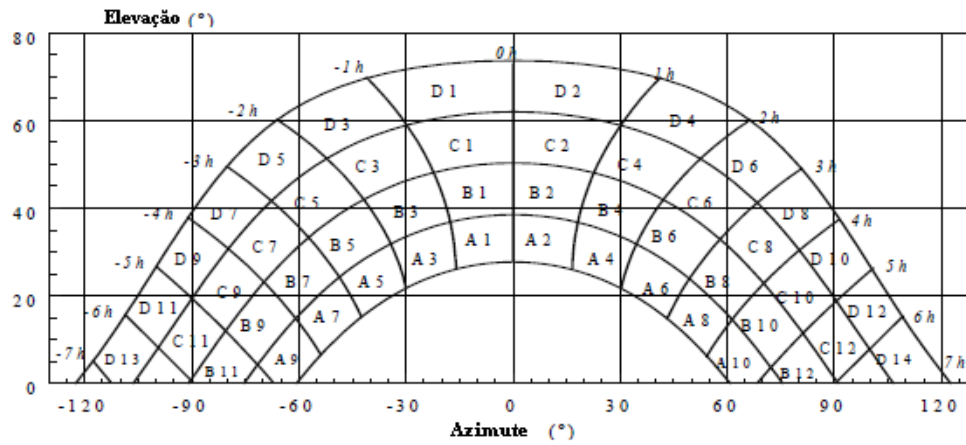


Figura 4.11 – Diagrama das trajetórias do Sol (adaptado) [28]

4.5.2. Cálculo da exigência de AQS

De modo a avaliar as exigências de AQS admitem-se os valores de consumo por dia apresentados na Tabela 3.1 da secção HE 4 do CTE, para temperatura de referência de 60 °C. No caso de a temperatura desejada ser diferente de 60 °C, deve obter-se a contribuição solar mínima correspondente à exigência obtida através das exigências de referência de 60 °C, de acordo com a seguinte expressão [28]:

$$D(T) = \sum_{i=1}^{12} D_i(T) \quad (4.22)$$

$$D_i(T) = D_i \cdot (60 - T_i) \cdot \left(\frac{60 - T_i}{T - T_i} \right) \quad (4.23)$$

em que:

$D(T)$ – exigência de AQS anual à temperatura T escolhida;

$D_i(T)$ – exigência de AQS para o mês i à temperatura T escolhida;

$D_i(60\text{ °C})$ – exigência de AQS para o mês i à temperatura de 60 °C;

T – temperatura final no acumulador;

T_i – temperatura média de água fria no mês i .

Para edifícios residências, o número de pessoas por fracção autónoma deve ser calculado, baseado no número de quartos, utilizando como valores mínimos os indicados no seguinte quadro [28]:

Quadro 4.32 – Número convencional de ocupantes em função da tipologia da fracção autónoma (adaptado) [28]

Número de quartos	1	2	3	4	5	6	7	Mais de 7
Número de pessoas	1,5	3	4	6	7	8	9	N.º de dormitórios

É também necessário considerar as perdas de calor na distribuição de água para os diversos pontos de consumo. Para o cálculo da contribuição solar anual, é necessário estimar as exigências mensais, tendo em conta o número de pessoas correspondentes à ocupação total da fracção autónoma [28].

4.5.3. Zonamento climático

A Figura 3.1 e a Tabela 3.2 da secção HE 4 do CTE estabelecem os limites que separam as zonas homogéneas. Estas zonas foram definidas de acordo com a radiação solar global média diária anual³⁶ sobre uma superfície horizontal (H), de acordo com os intervalos para cada zona, referidos na tabela mencionada [28].

³⁶ Energia do Sol que atinge uma determinada superfície (global), tendo o valor anual como a soma dos valores médios diários [28]

5. Análise dos resultados dos dois regulamentos (RCCTE e CTE)

5.1. Metodologia e alterações efectuadas no caso de estudo

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos através da aplicação dos dois regulamentos, RCCTE e CTE, utilizados para estudar o comportamento térmico do edifício.

Como referido anteriormente, neste caso de estudo foram analisadas duas zonas climáticas distintas. A zona climática designada de “zona 1” é a zona correspondente às zonas de Elvas e Badajoz e a designada por “zona 2” é a correspondente às zonas de Montalegre e Ourense. A cada uma das zonas climáticas estudadas foram aplicadas três soluções construtivas diferentes. Os coeficientes de transmissão térmica de cada solução construtiva encontram-se no capítulo 3.4.

A primeira solução construtiva a ser estudada integra um sistema de isolamento térmico pelo exterior (ETICS). Esta solução é designada de “solução construtiva 1”. Inicialmente, no estudo desta solução construtiva, foi efectuada a verificação dos requisitos definidos no RCCTE, designado de “caso 1”. De seguida, verificou-se se os valores dos coeficientes de transmissão térmica obtidos cumpriam os requisitos impostos pelo CTE, estando este passo designado de “caso 2”. Visto que alguns valores não obedeciam aos requisitos mínimos, foram alteradas as soluções construtivas de modo a verificarem todos os requisitos impostos no referido regulamento, sendo este processo designado de “caso 3”. Após todas as exigências propostas pelo CTE se encontrarem dentro dos limites aceitáveis, foi efectuada uma nova verificação dos requisitos do RCCTE, mas utilizando os novos valores dos coeficientes de transmissão térmica, sendo designado por “caso 4”. Deste modo é possível verificar as diferenças das necessidades entre os dois regulamentos. Por fim, adoptaram-se os valores máximos definidos pelo CTE para os coeficientes de transmissão térmica a cada respectivo elemento e verificou-se se o edifício seria regulamentar em Portugal, obtendo assim o “caso 5”. Este último caso serve para verificar quais seriam as necessidades energéticas de um edifício em Portugal se possuísse os valores de coeficientes de transmissão térmica máximos permitidos em Espanha.

A segunda solução construtiva estudada é composta por uma parede dupla com caixa de ar parcialmente preenchida por isolamento térmico. Esta solução é designada de “solução construtiva 2”. Através da observação do estudo da solução construtiva anterior, foi possível verificar quais os elementos que não cumpriam com os requisitos impostos. Deste modo, foram adoptados de início, para os elementos que não estavam de acordo com os

requisitos, os valores referentes ao “caso 3” da solução construtiva anterior. Foi então efectuada a verificação segundo o RCCTE, sendo esta designada de “caso 1”. De seguida, e com esses valores, foi efectuada a verificação das condições definidas no CTE, estando este passo designado por “caso 2”.

Por fim, a terceira solução construtiva estudada é formada por uma parede dupla com caixa de ar e sem isolamento térmico. Esta solução é designada por “solução construtiva 3”. O método de cálculo utilizado foi o mesmo da “solução construtiva 2”, com a diferença de os coeficientes de transmissão térmica serem referentes a esta solução construtiva.

5.2. Zona 1

Neste ponto são comparados os resultados obtidos para Elvas e Badajoz através do RCCTE e do CTE, respectivamente.

5.2.1. Coeficiente de transmissão térmica

As figuras seguintes apresentam os valores dos coeficientes de transmissão térmica para as diversas partes do edifício em cada uma das soluções construtivas consideradas e os coeficientes de transmissão térmica máximos permitidos por cada um dos regulamentos. Visto que as soluções construtivas utilizadas são iguais nos vários pisos estudados, apenas se apresenta um valor por cada solução construtiva.

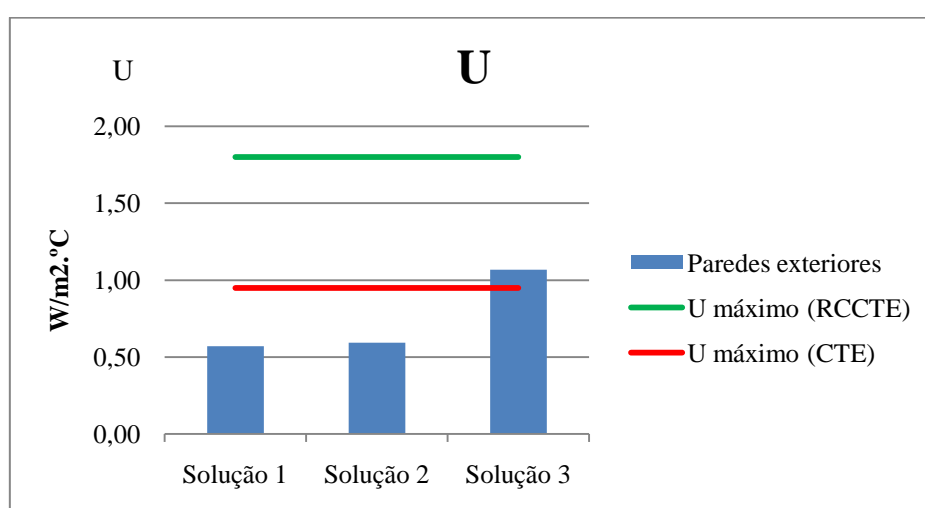


Figura 5.1 – Coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores

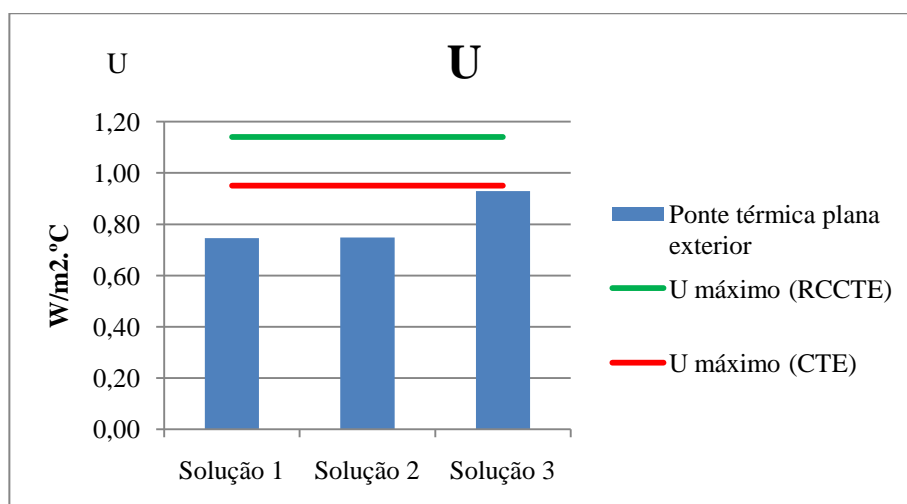


Figura 5.2 - Coeficiente de transmissão térmica das pontes térmicas planas exteriores

Analisando as figuras acima pode verificar-se que, relativamente à envolvente exterior, todas as soluções construtivas utilizadas são possíveis de utilizar segundo o RCCTE, mas segundo o CTE a solução de parede dupla sem isolamento térmico não é regulamentar. Deste modo, seria necessário colocar isolamento térmico na zona corrente e mais isolamento térmico na zona da ponte térmica plana, para satisfazer os requisitos do regulamento espanhol. De notar, que o regulamento português não tem um valor fixo para o coeficiente de transmissão térmica máximo para as pontes térmicas, sendo utilizado o menor valor entre o tabelado para a zona corrente correspondente a essa ponte térmica ou o dobro do coeficiente de transmissão térmica dessa mesma zona, apesar de o segundo caso ser o que costuma prevalecer.

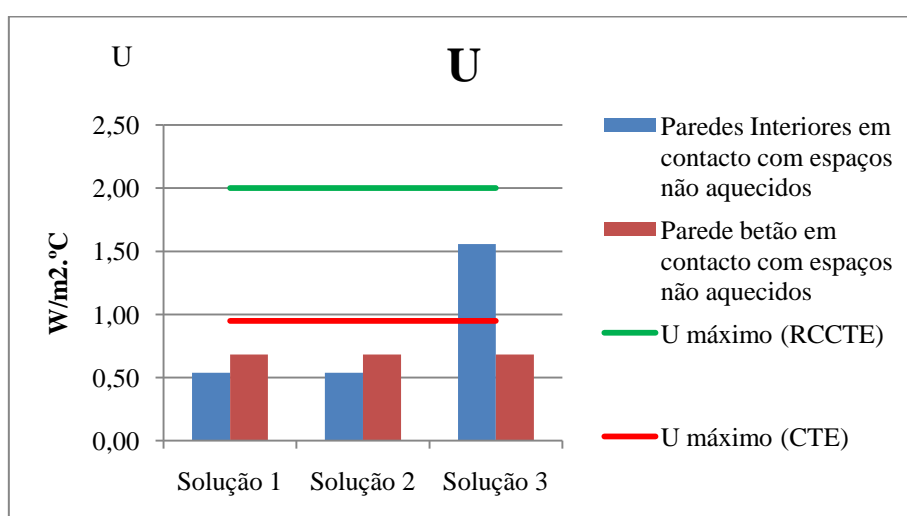


Figura 5.3 - Coeficiente de transmissão térmica das paredes interiores em contacto com espaços não aquecidos

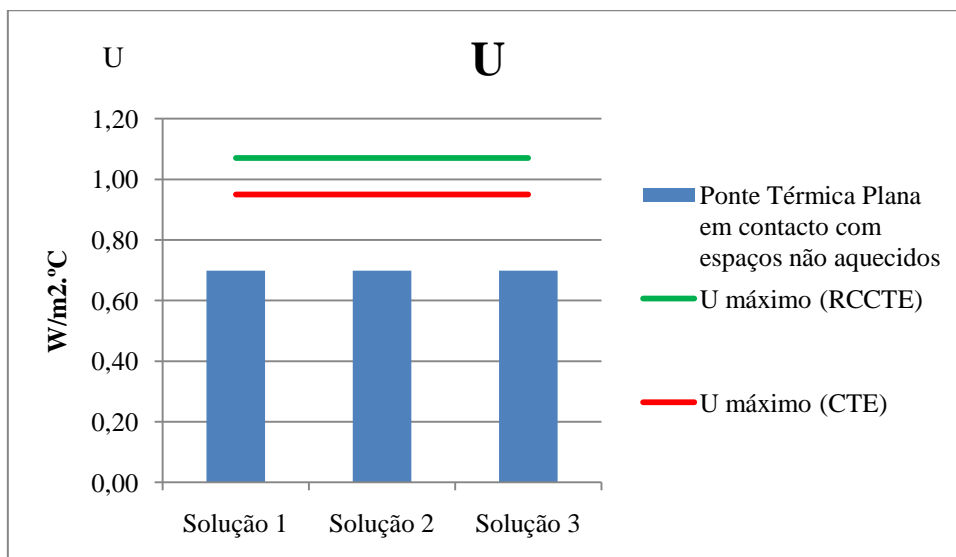


Figura 5.4 - Coeficiente de transmissão térmica das pontes térmicas planas em contacto com espaços não aquecidos

Relativamente à envolvente interior em contacto com espaços não aquecidos (edifício adjacente e patim), a solução sem isolamento térmico (solução 3) não respeita de novo os requisitos do regulamento espanhol e respeita os do português. Seria assim necessário colocar isolamento térmico de modo a tornar esta solução construtiva regulamentar.

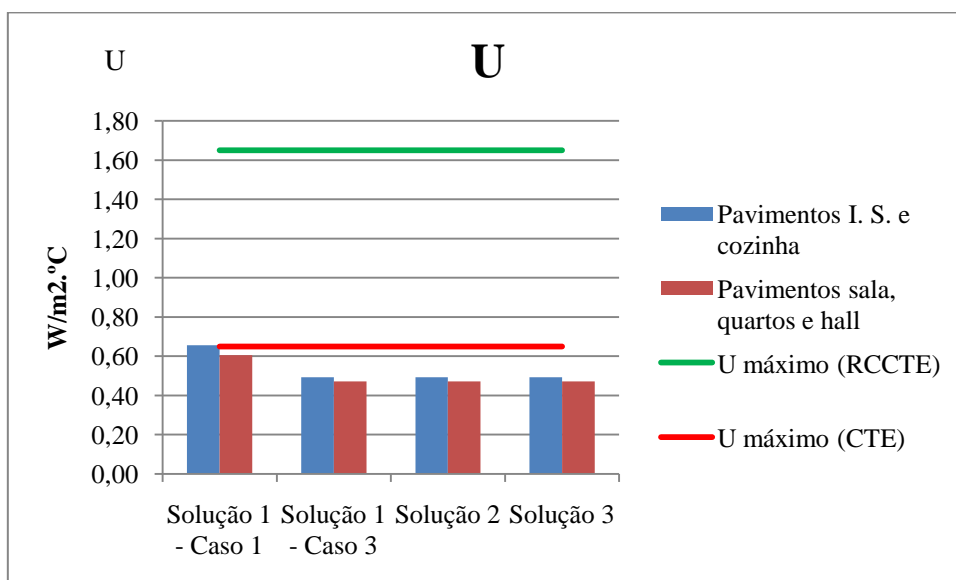


Figura 5.5 - Coeficiente de transmissão térmica dos pavimentos

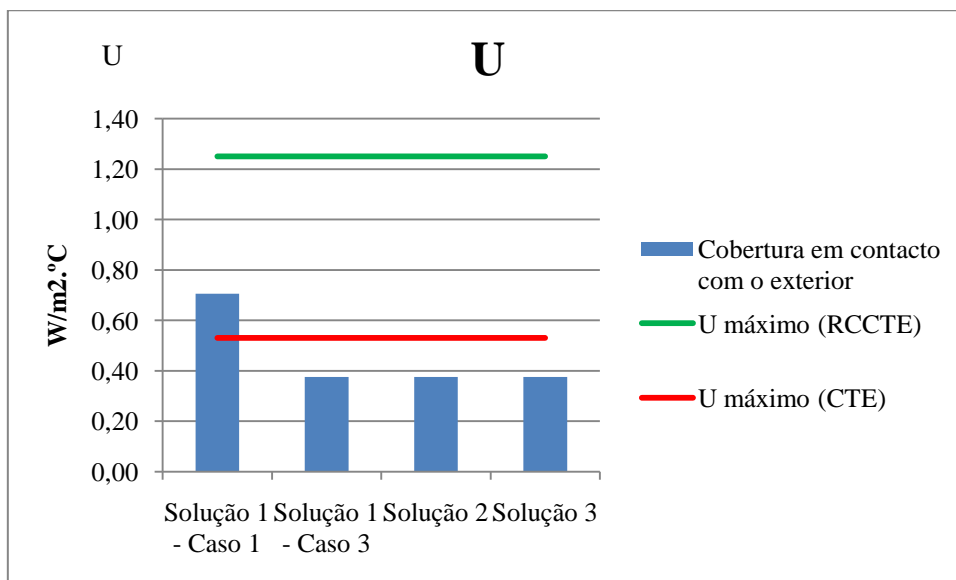


Figura 5.6 - Coeficiente de transmissão térmica da cobertura em contacto com o exterior

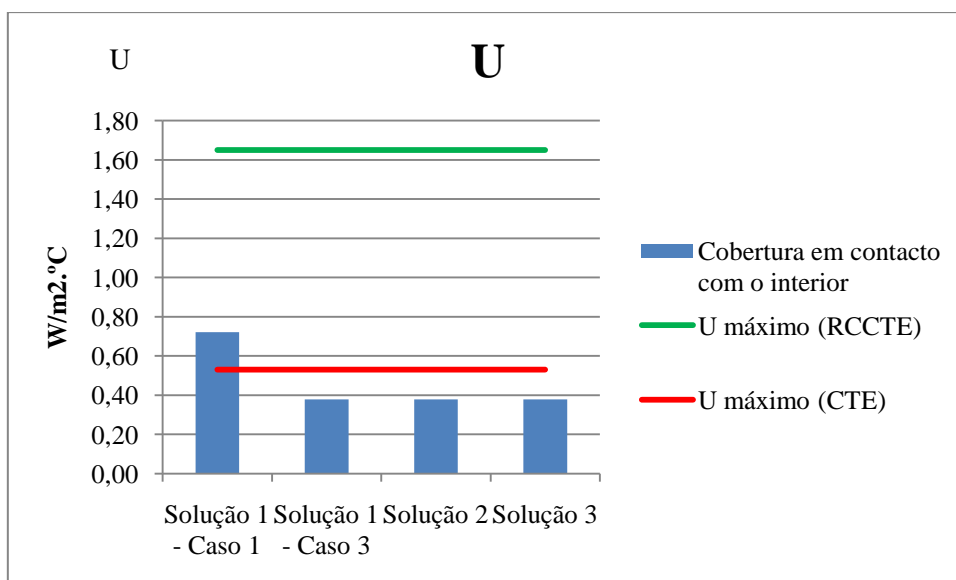


Figura 5.7 - Coeficiente de transmissão térmica da cobertura em contacto com o interior

Relativamente aos coeficientes de transmissão térmica dos pavimentos e cobertura, é onde se nota a maior diferença entre os limites máximos permitidos pelos dois regulamentos, especialmente ao nível da cobertura. A solução construtiva escolhida inicialmente não cumpria nem os requisitos máximos nem os médios, sendo necessário recorrer ao aumento da espessura de isolamento térmico.

Pode então concluir-se que o CTE é mais exigente do que o RCCTE relativamente aos coeficientes de transmissão térmica máximos dos elementos dos edifícios, sendo obrigatório a utilização de isolamento térmico, tanto na envolvente exterior como na interior. Deste modo, é possível manter uma temperatura interior mais uniforme em toda a fracção autónoma. De notar, que no CTE além de os coeficientes de transmissão

térmica terem de respeitar o limite máximo imposto, ainda têm de respeitar um coeficiente de transmissão térmico médio para cada tipo de elementos (paredes, pavimentos, cobertura e envidraçados).

5.2.2. Necessidades de energia de aquecimento e arrefecimento

As necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitárias não são analisadas pois dependem do número de ocupantes, ou seja, as necessidades não variam de solução para solução.

De seguida apresentam-se os valores das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e arrefecimento, tal como os respectivos limites que constituem os requisitos energéticos.

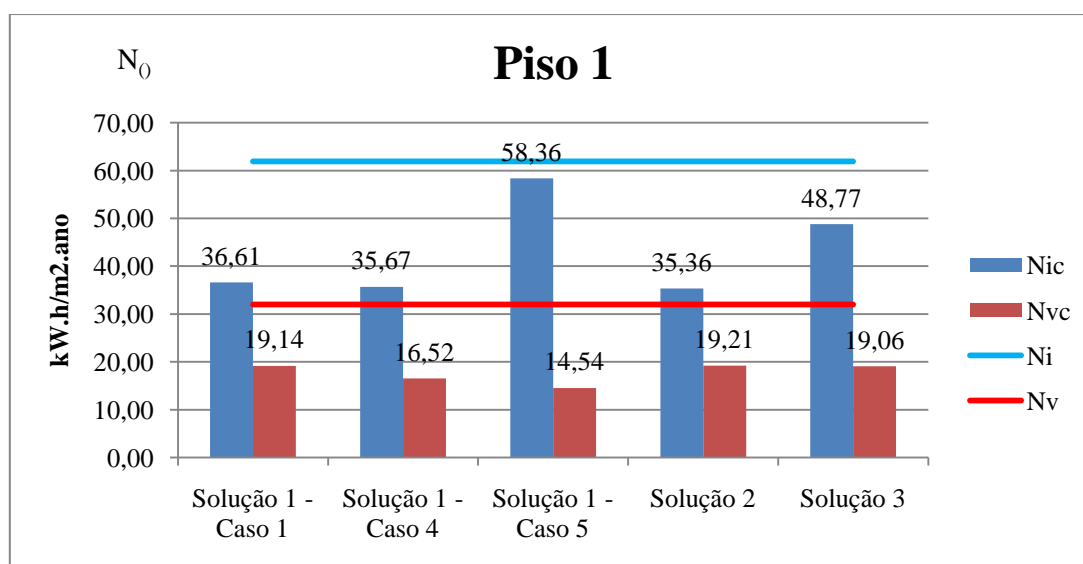


Figura 5.8 – Necessidades de aquecimento e arrefecimento do piso 1

Como já foi referido anteriormente, o que difere do caso 1 para o 4 é a quantidade de isolamento térmico dos pavimentos e cobertura, satisfazendo assim as exigências do regulamento espanhol. Este incremento de isolamento térmico permitiu diminuir as necessidades de aquecimento e arrefecimento em 2,62% e 15,87%, respectivamente. Pode verificar-se que, apesar da solução 2 (parede dupla com caixa de ar parcialmente preenchida por isolamento térmico) apresentar valores de coeficientes de transmissão térmica inferiores aos da solução 1 (ETICS), apresenta um aumento das necessidades de arrefecimento de 14,01% e uma diminuição, embora escassa, das necessidades de aquecimento de 0,89%. Analisando a Figura 5.8 verifica-se que a solução 3 é a que

apresenta maiores necessidades de aquecimento. Comparando os valores desta solução com os da solução 1 – caso 4, pode verificar-se que existe um aumento das necessidades de aquecimento e arrefecimento de 26,86% e 13,32%, respectivamente. É ainda possível observar, que no caso 5 as necessidades de aquecimento seriam muito maiores do que nas outras soluções construtivas, apresentando um aumento de 38,88%, apesar de existir uma diminuição de 13,63% das necessidades de arrefecimento. Assim, no piso 1, a solução construtiva 3 é a que apresenta maiores necessidades de aquecimento e a solução construtiva 2 é a que apresenta maiores necessidades de arrefecimento.

De notar, que para este piso, todas as soluções testadas apresentam uma classe energética A.

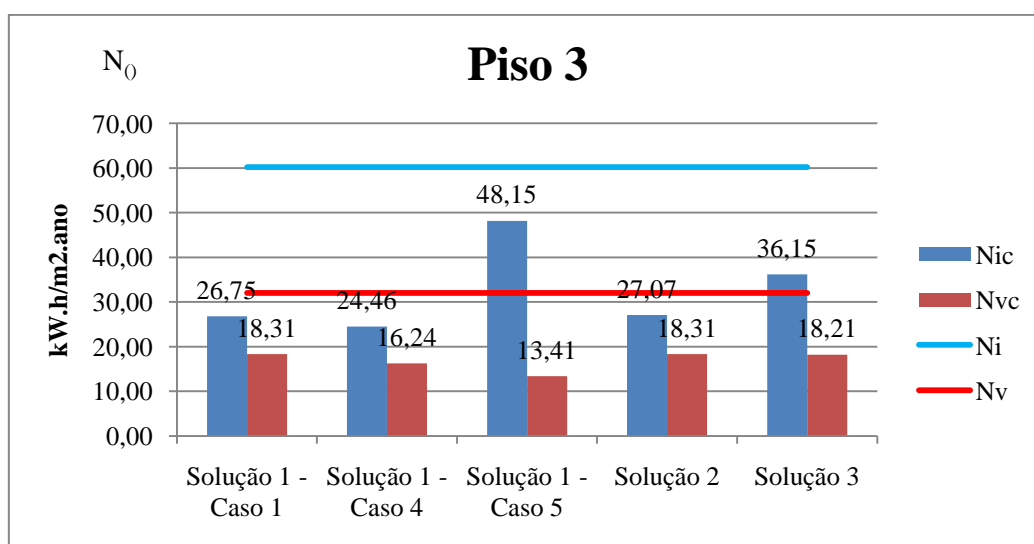


Figura 5.9 - Necessidades de aquecimento e arrefecimento do piso 3

O incremento de isolamento térmico realizado do caso 1 para o 4, permitiu diminuir as necessidades de aquecimento e arrefecimento em 9,38% e 12,76%, respectivamente. Analisando a Figura 5.9 verifica-se que, a solução 2 apresenta um aumento das necessidades de arrefecimento de 11,29% e, ao contrário do que sucede no piso 1, uma diminuição das necessidades de aquecimento de 9,63%, comparativamente com o caso 4. Pode verificar-se que a solução 3 é a que apresenta maiores necessidades de aquecimento. Comparando os valores desta solução com os da solução 1 – caso 4, pode verificar-se que existe um aumento das necessidades de aquecimento e arrefecimento de 32,34% e 10,80%, respectivamente. É ainda possível observar, que no caso 5 as necessidades de aquecimento seriam muito maiores do que nas outras soluções construtivas, apresentando um aumento de 49,20%, apesar de existir uma diminuição de

21,11% das necessidades de arrefecimento. Assim, no piso 3 à semelhança do que se verificou no piso 1, a solução construtiva 3 é a que apresenta maiores necessidades de aquecimento e a solução construtiva 2 é a que apresenta maiores necessidades de arrefecimento.

De notar, que para este piso, tal como no anterior, todas as soluções testadas apresentam uma classe energética A.

Este piso, sendo um piso intermédio, encontra-se em contacto com outros pisos de habitação. Estando em contacto com espaços aquecidos, tanto por cima como por baixo, é normal que seja o que possui as menores necessidades energéticas.

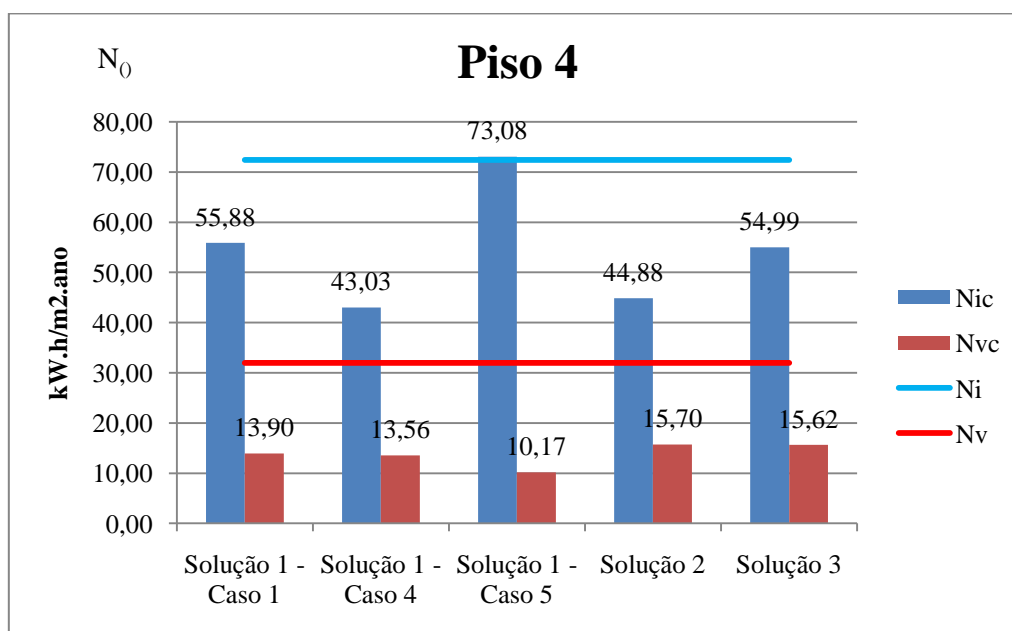


Figura 5.10 - Necessidades de aquecimento e arrefecimento do piso 4

O incremento de isolamento térmico realizado do caso 1 para o 4, permitiu diminuir as necessidades de aquecimento e arrefecimento em 29,87% e 2,48%, respectivamente. Analisando a Figura 5.10 verifica-se que, a solução 2 apresenta um aumento das necessidades de arrefecimento de 13,63% e, tal como no piso 3, uma diminuição das necessidades de aquecimento de 4,13%, comparativamente com o caso 4. Pode verificar-se que a solução 3 é a que apresenta maiores necessidades de aquecimento. Comparando os valores desta solução com os da solução 1 – caso 4, pode verificar-se que existe um aumento das necessidades de aquecimento e arrefecimento de 21,76% e 13,18%, respectivamente. É ainda possível observar, que no caso 5 as necessidades de aquecimento seriam muito maiores do que nas outras soluções construtivas, apresentando um aumento de 41,13%, apesar de existir uma diminuição de 33,37% das neces-

sidades de arrefecimento. Este aumento das necessidades de aquecimento é tal, que não verifica o limite imposto pelo RCCTE. No caso do piso de cobertura, os valores máximos dos coeficientes de transmissão térmica do regulamento espanhol, apesar de cumprirem os outros requisitos, não seriam regulamentares devido às elevadas necessidades de aquecimento que necessitariam. Assim, no piso 4 à semelhança do que se verificou nos outros pisos, a solução construtiva 3 é a que apresenta maiores necessidades de aquecimento e a solução construtiva 2 é a que apresenta maiores necessidades de arrefecimento.

De notar, que para este piso, tal como para os outros dois, todas as soluções testadas apresentam uma classe energética A.

Sendo este o piso em contacto com a cobertura, é normal ser o que apresenta as maiores necessidades de aquecimento, pois encontra-se em contacto com o exterior e existem mais trocas de calor.

Pode verificar-se, através da análise das figuras acima, que as necessidades de aquecimento têm um papel mais preponderante do que as necessidades de arrefecimento.

5.2.3. Condensações interiores

As figuras seguintes apresentam a verificação de ocorrência de condensações interiores para cada uma das soluções construções construtivas utilizada.

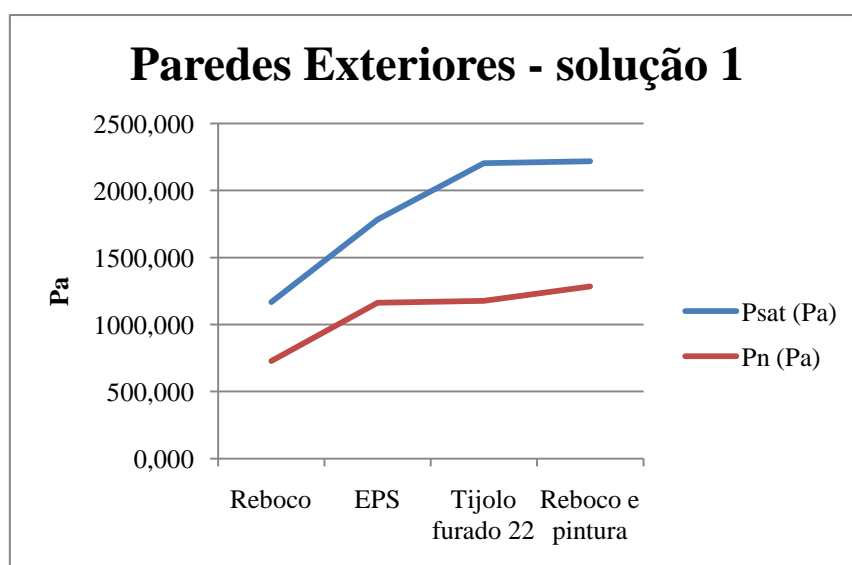


Figura 5.11 – Verificação das condensações interiores para as paredes exteriores

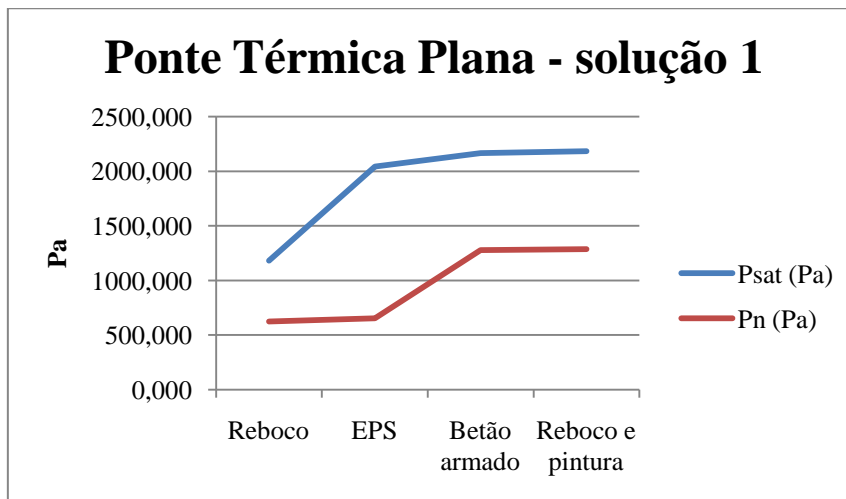


Figura 5.12 - Verificação das condensações interiores para as pontes térmicas planas

Relativamente à solução construtiva que utiliza o isolamento térmico pelo exterior (ETICS), pode observar-se que a pressão de vapor nunca é próxima da pressão de saturação, logo não há o risco de ocorrência de condensações interiores.

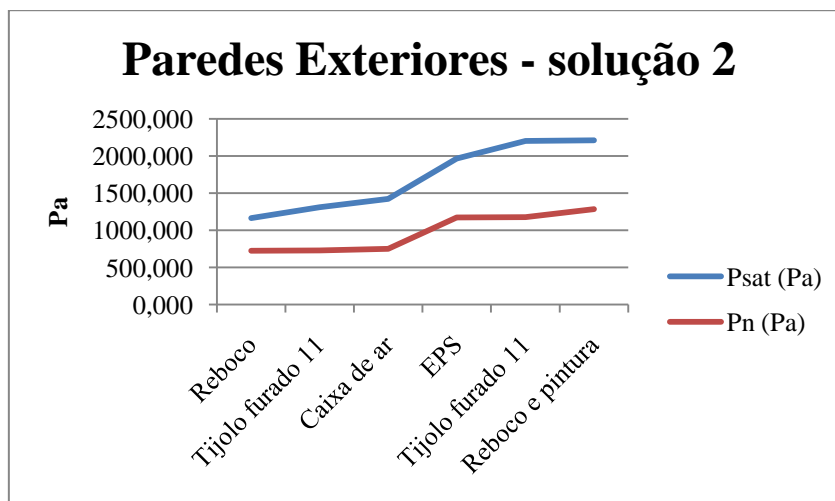


Figura 5.13 - Verificação das condensações interiores para as paredes exteriores

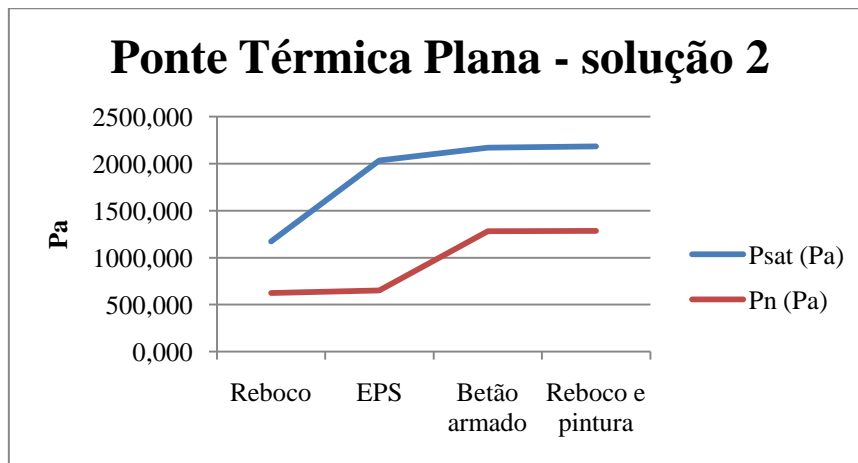


Figura 5.14 - Verificação das condensações interiores para as pontes térmicas planas

Em relação à solução construtiva que utiliza a caixa de ar parcialmente preenchida com isolamento térmico, pode observar-se que a pressão de vapor nunca é próxima da pressão de saturação, apesar de esta diferença ser menor do que na solução construtiva anterior. Assim, pode concluir-se que não há o risco de ocorrência de condensações interiores.

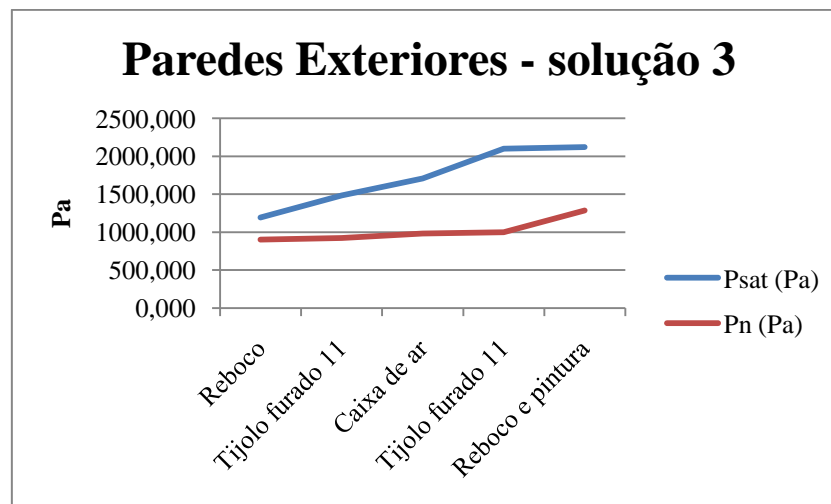


Figura 5.15 - Verificação das condensações interiores para as paredes exteriores

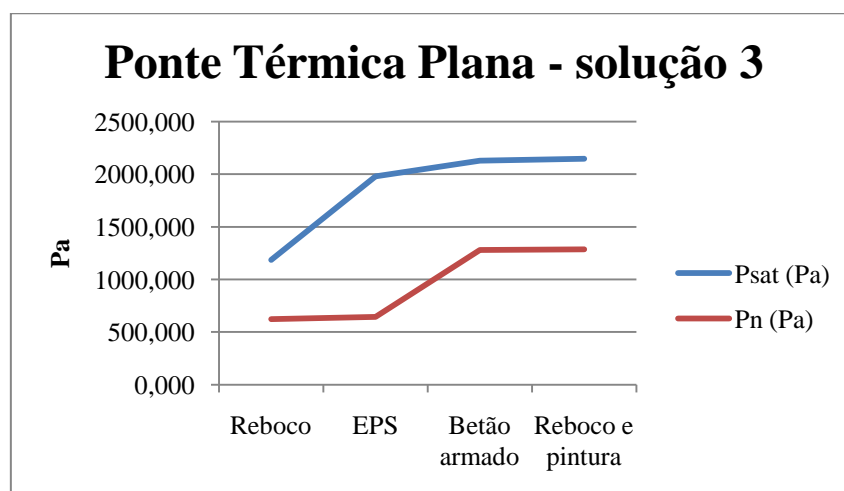


Figura 5.16 - Verificação das condensações interiores para as pontes térmicas planas

Relativamente à solução construtiva que utiliza a parede dupla sem isolamento térmico, pode observar-se que, também nesta solução, a pressão de vapor nunca é próxima da pressão de saturação, apesar de ser a que apresenta uma menor diferença. Assim, pode concluir-se que não há o risco de ocorrência de condensações interiores.

5.3. Zona 2

Neste ponto são comparados os resultados obtidos para Montalegre e Ourense através do RCCTE e do CTE, respectivamente.

5.3.1. Coeficiente de transmissão térmica

As figuras seguintes apresentam os valores dos coeficientes de transmissão térmica para as diversas partes do edifício em cada uma das soluções construtivas consideradas e os coeficientes de transmissão térmica máximos permitidos por cada um dos regulamentos. Visto que as soluções construtivas utilizadas são iguais nos vários pisos estudados, apenas se apresenta um valor por cada solução construtiva.

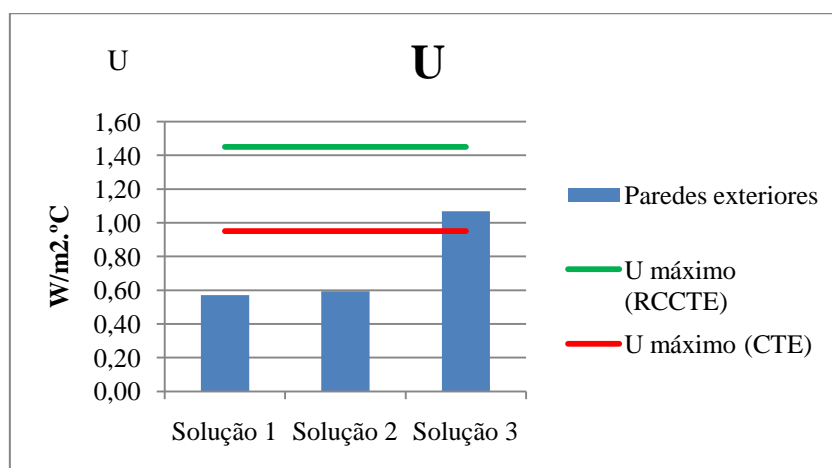


Figura 5.17 - Coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores

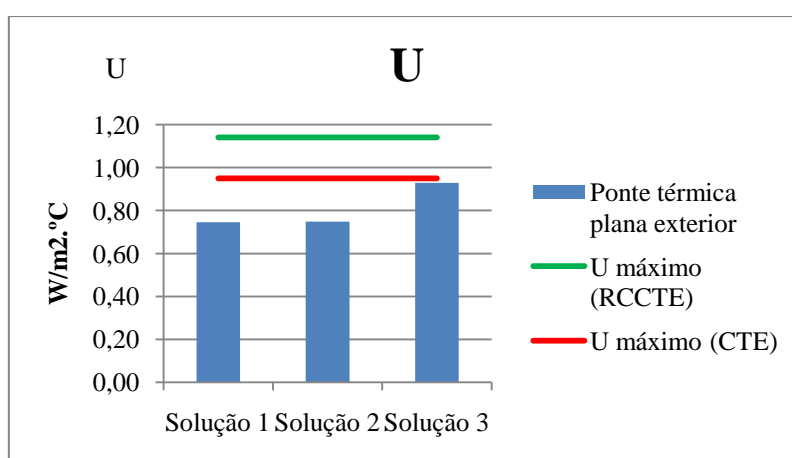


Figura 5.18 - Coeficiente de transmissão térmica das pontes térmicas planas exteriores

Analisando as figuras acima pode verificar-se que, relativamente à envolvente exterior, todas as soluções construtivas utilizadas são possíveis de utilizar segundo o RCCTE, mas segundo o CTE a solução de parede dupla sem isolamento térmico não é regulamentar, tal como verificado na zona 1. Deste modo, seria necessário colocar isolamento térmico na zona corrente e mais isolamento térmico na zona da ponte térmica plana, para satisfazer os requisitos do regulamento espanhol. De notar, que o regulamento português é mais exigente nesta zona climática em comparação com a analisada anteriormente.

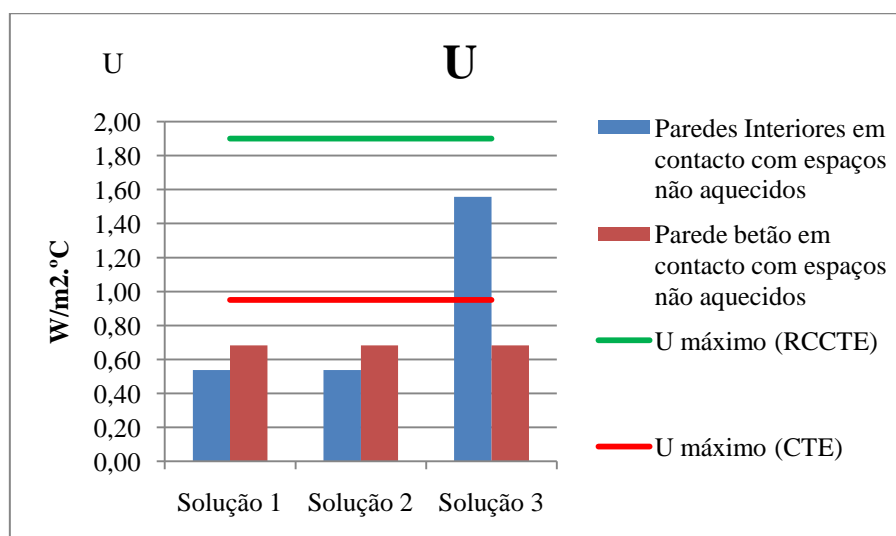


Figura 5.19 - Coeficiente de transmissão térmica das paredes interiores em contacto com espaços não aquecidos

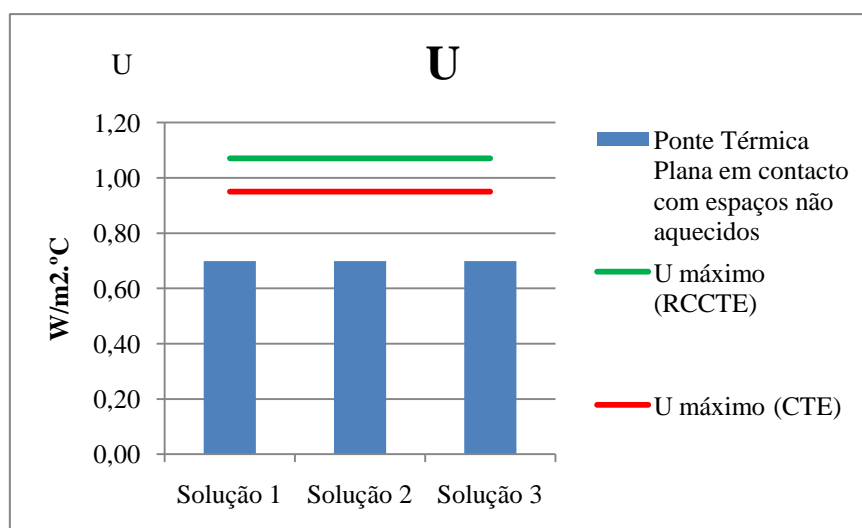


Figura 5.20 - Coeficiente de transmissão térmica das pontes térmicas planas em contacto com espaços não aquecidos

Relativamente à envolvente interior em contacto com espaços não aquecidos (edifício adjacente e patim), a solução sem isolamento térmico (solução 3) não respeita de novo os requisitos do regulamento espanhol e respeita os do português. Seria assim necessário colocar isolamento térmico de modo a tornar esta solução construtiva regulamentar.

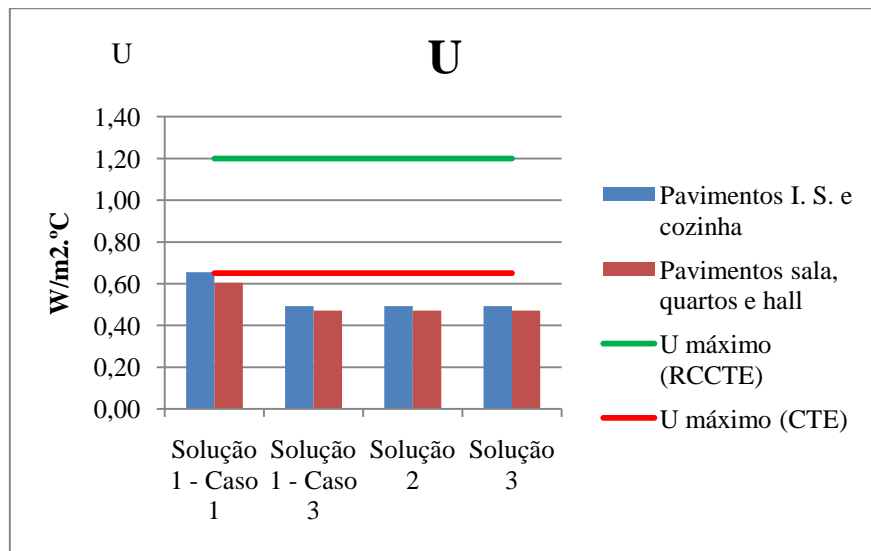


Figura 5.21 - Coeficiente de transmissão térmica dos pavimentos

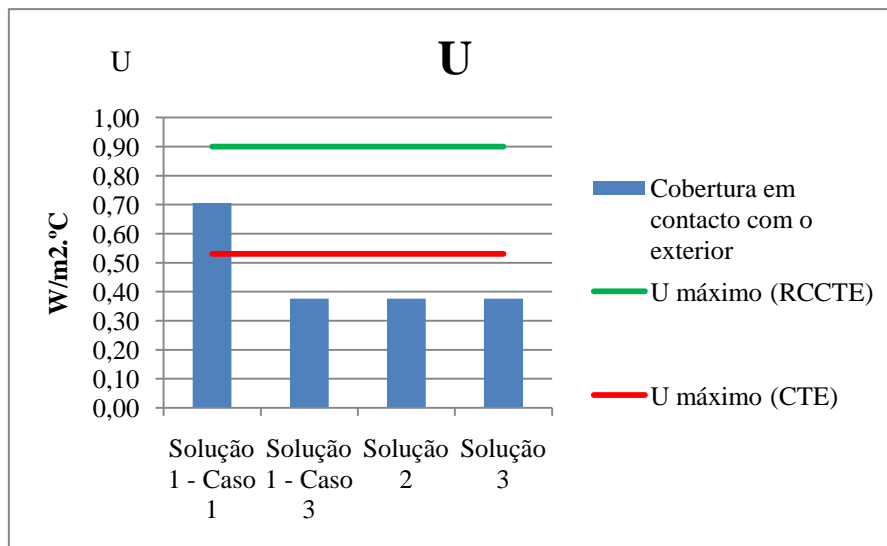


Figura 5.22 - Coeficiente de transmissão térmica da cobertura em contacto com o exterior

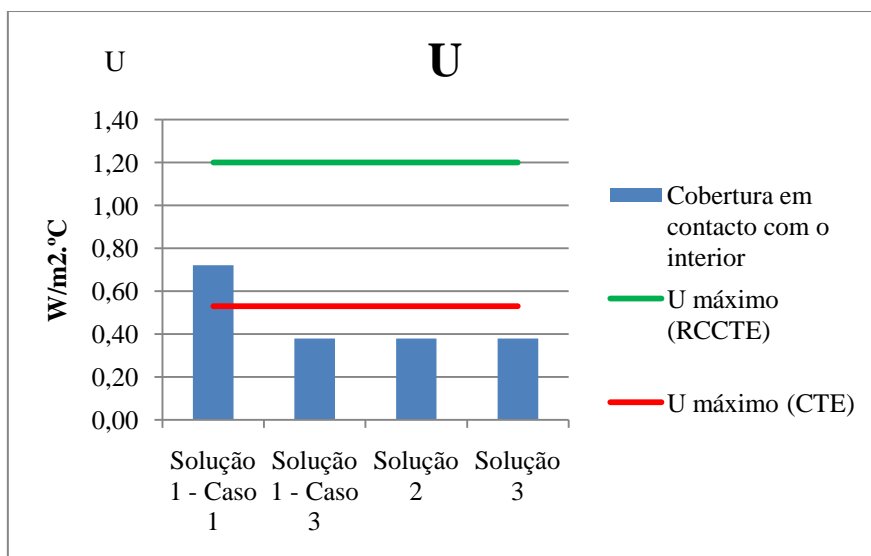


Figura 5.23 - Coeficiente de transmissão térmica da cobertura em contacto com o interior

Relativamente aos coeficientes de transmissão térmica dos pavimentos e cobertura, a diferença entre os limites máximos permitidos pelos dois regulamentos já é menor, especialmente ao nível da cobertura. A solução construtiva escolhida inicialmente não cumpria nem os requisitos máximos nem os médios, sendo necessário recorrer ao aumento da espessura de isolamento térmico. Na solução 3 foi considerada a aplicação de isolamento térmico, pois, sem a sua utilização, esta não cumpria os requisitos do RCCTE e não seria possível obter os valores das necessidades dessa fracção autónoma.

Pode então concluir-se que o CTE é mais exigente do que o RCCTE relativamente aos coeficientes de transmissão térmica máximos dos elementos dos edifícios, sendo obrigatório a utilização de isolamento térmico, tanto na envolvente exterior como na interior. Apesar da maior exigência do CTE relativamente ao RCCTE, este apresenta requisitos mais exigentes para esta zona climática devido à severidade do clima.

5.3.2. Necessidades de energia de aquecimento e arrefecimento

De seguida apresentam-se os valores das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e arrefecimento, tal como os respectivos limites que constituem os requisitos energéticos.

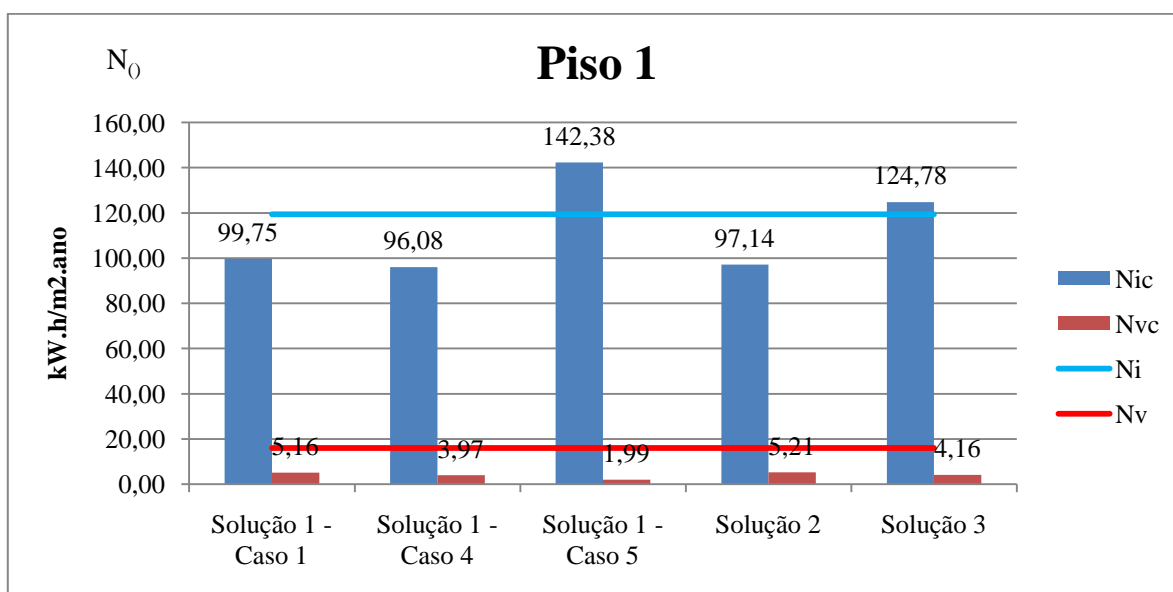


Figura 5.24 - Necessidades de aquecimento e arrefecimento do piso 1

O incremento de isolamento térmico permitiu diminuir as necessidades de aquecimento e arrefecimento em 3,81% e 30,08%, respectivamente. Analisando a Figura 5.24 verifica-se que, a solução 2 apresenta um aumento das necessidades de arrefecimento de 23,77% e, ao contrário do verificado na outra zona climática, também das necessidades de aquecimento de 1,09%. Pode verificar-se que a solução 3 é a que apresenta maiores necessidades de aquecimento. Comparando os valores desta solução com os da solução 1 – caso 4, pode verificar-se que existe um aumento das necessidades de aquecimento e arrefecimento de 23,00% e 4,52%, respectivamente. De notar, que as necessidades de aquecimento para esta solução construtiva são tão elevadas que ultrapassam o limite imposto pelo RCCTE, tornando esta solução não regulamentar para esta zona climática. É ainda possível observar, que no caso 5 as necessidades de aquecimento seriam muito maiores do que nas outras soluções construtivas, apresentando um aumento de 32,52%, apesar de existir uma diminuição, quase total, das necessidades de arrefecimento em 99,02%. Tal como o verificado para a solução construtiva 3, as necessidades de aquecimento são tão elevadas que não seriam permitidas pelos limites do regulamento português. Assim, no piso 1, a solução construtiva 3 é a que apresenta maiores necessidades de aquecimento, chegando mesmo a um valor não permitido pelo RCCTE, e a solução construtiva 2 é a que apresenta maiores necessidades de arrefecimento.

De notar, que para este piso, todas as soluções testadas apresentam uma classe energética B.

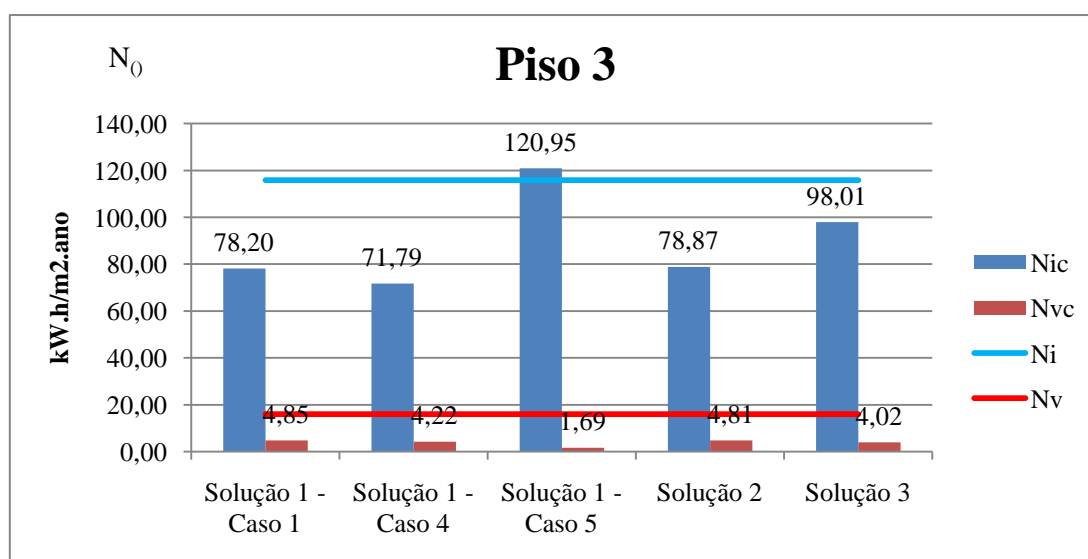


Figura 5.25 - Necessidades de aquecimento e arrefecimento do piso 3

O incremento de isolamento térmico realizado do caso 1 para o 4, permitiu diminuir as necessidades de aquecimento e arrefecimento em 8,93% e 14,92%, respectivamente. Analisando a Figura 5.25 verifica-se que, a solução 2 apresenta um aumento das necessidades de arrefecimento de 12,24% e, tal como no piso 1, das necessidades de aquecimento de 8,98%, comparativamente com o caso 4. Pode verificar-se que a solução 3 é a que apresenta maiores necessidades de aquecimento. Comparando os valores desta solução com os da solução 1 – caso 4, pode verificar-se que existe um aumento das necessidades de aquecimento de 26,75%, mas, ao contrário do verificado em todos outros pisos, soluções construtivas e zonas climáticas, uma diminuição das necessidades de arrefecimento de 4,97%. É ainda possível observar, que no caso 5 as necessidades de aquecimento seriam muito maiores do que nas outras soluções construtivas, apresentando um aumento de 40,65%, apesar de existir uma diminuição de 150,27% das necessidades de arrefecimento. Mais uma vez se verifica que, para esta solução, as necessidades de aquecimento são muito elevadas em comparação com o permitido pelo regulamento, logo esta solução não seria regulamentar. Assim, no piso 3 à semelhança do que se verificou no piso 1, a solução construtiva 3 é a que apresenta maiores necessidades de aquecimento e a solução construtiva 2 é a que apresenta maiores necessidades de arrefecimento.

De notar, que para este piso, opostamente ao verificado anteriormente, nem todas as soluções estudadas apresentam a mesma classe energética. A classe energética da solução 1 – caso 4 e da solução 2 é A, enquanto da solução 1 – caso 5 e da solução 3 é B. Estas duas últimas eram as que apresentavam necessidades de aquecimento mais elevadas, chegando mesmo, no caso da solução 1 – caso 5, a ultrapassar o limite imposto no RCCTE.

Este piso, sendo um piso intermédio, encontra-se em contacto com outros pisos. Visto que esses pisos são aquecidos, é normal que seja o que possui as menores necessidades energéticas.

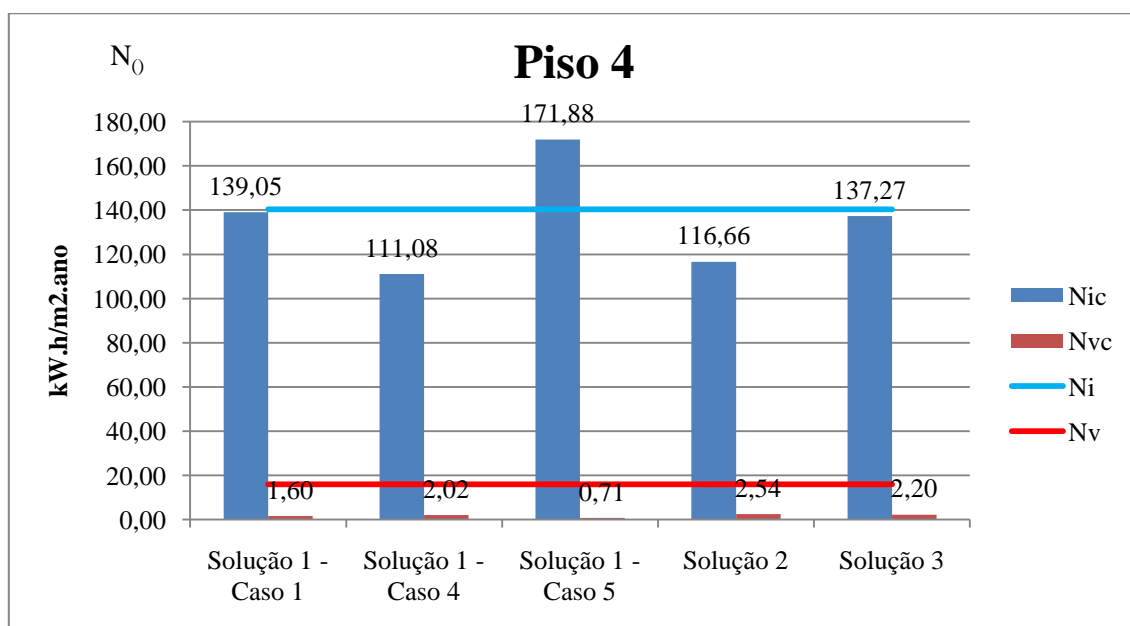


Figura 5.26 - Necessidades de aquecimento e arrefecimento do piso 4

O incremento de isolamento térmico realizado do caso 1 para o 4, permitiu diminuir as necessidades de aquecimento em 25,18%, mas opostamente ao verificado em todos os outros casos, aumentar as necessidades de arrefecimento em 20,46%. Analisando a Figura 5.26 verifica-se que, a solução 2 apresenta um aumento das necessidades de aquecimento e de arrefecimento, comparativamente com o caso 4, de 4,78% e 20,53%, respectivamente. Pode verificar-se que a solução 3 é, mais uma vez, a que apresenta maiores necessidades de aquecimento. Comparando os valores desta solução com os da solução 1 – caso 4, pode verificar-se que existe um aumento das necessidades de aquecimento e arrefecimento de 19,08% e 8,34%, respectivamente. Apesar de as necessidades de aquecimento obtidas para esta solução serem regulamentares, são bastante próximas do limite permitido no RCCTE. É ainda possível observar, que no caso 5 as necessidades de aquecimento seriam muito maiores do que nas outras soluções construtivas, apresentando um aumento de 35,37%, apesar de existir uma diminuição de 184,58% das necessidades de arrefecimento. Mais uma vez, as necessidades de aquecimento para este caso são muito elevadas, não sendo regulamentares. Assim, no piso 4 à semelhança do que se verificou nos outros pisos, a solução construtiva 3 é a que apresenta maiores necessidades de aquecimento e a solução construtiva 2 é a que apresenta maiores necessidades de arrefecimento.

De notar, que para este piso, como verificado no anterior, nem todas as soluções estudadas apresentam a mesma classe energética. A classe energética das várias soluções é B, excepto da solução 1 – caso 5 que é B-. Esta última era a que apresentava

necessidades de aquecimento mais elevadas, chegando mesmo a ultrapassar o limite imposto no RCCTE.

Sendo este o piso em contacto com a cobertura, é normal ser o que apresenta as maiores necessidades de aquecimento, pois encontra-se em contacto com o exterior e existem mais trocas de calor.

5.3.3. Condensações interiores

As figuras seguintes apresentam a verificação de ocorrência de condensações interiores para cada uma das soluções construtivas utilizadas.

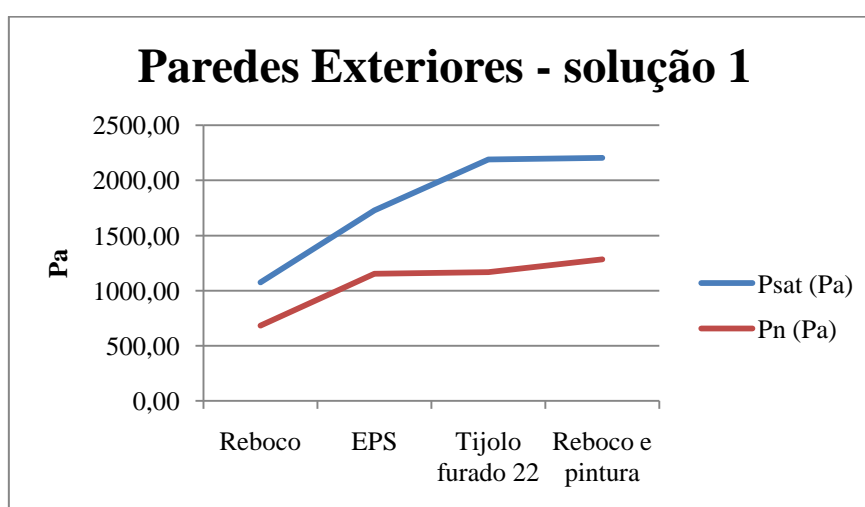


Figura 5.27 - Verificação das condensações interiores para as paredes exteriores

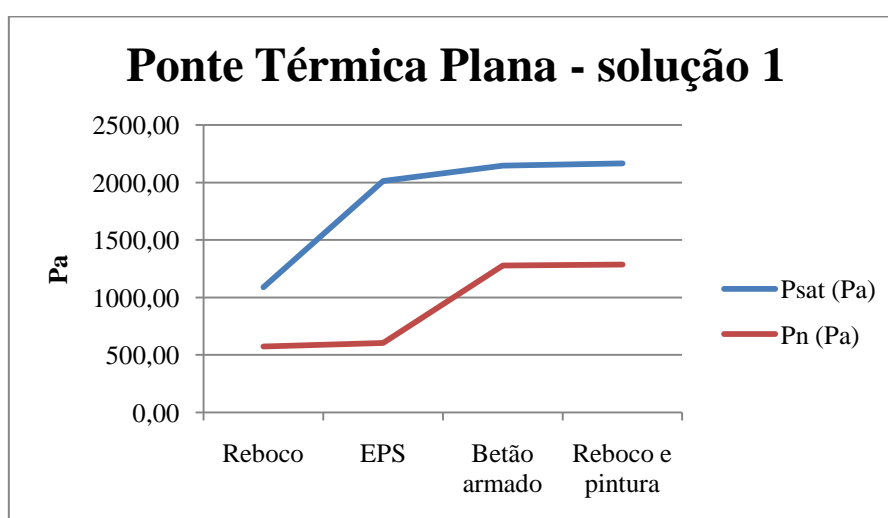


Figura 5.28 - Verificação das condensações interiores para as pontes térmicas planas

Em relação à solução construtiva que utiliza o isolamento térmico pelo exterior (ETICS), pode observar-se que a pressão de vapor nunca é próxima da pressão de saturação, logo não há o risco de ocorrência de condensações interiores.

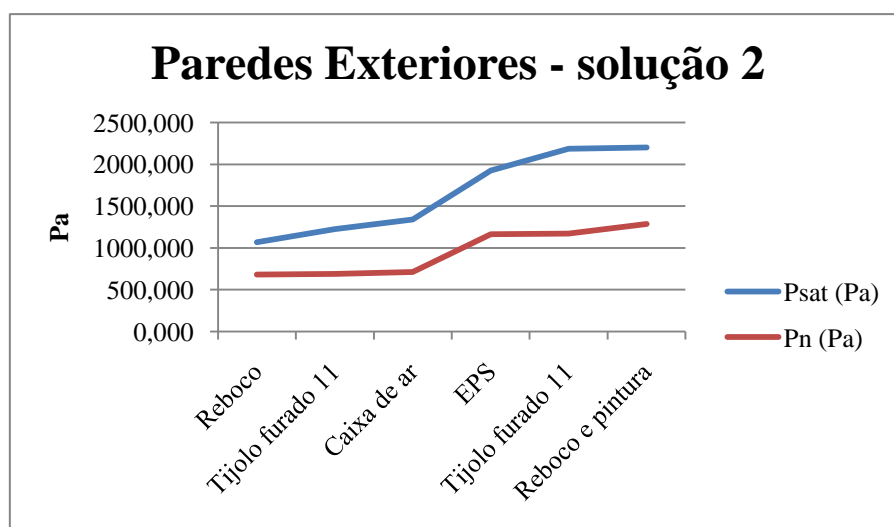


Figura 5.29 - Verificação das condensações interiores para as paredes exteriores

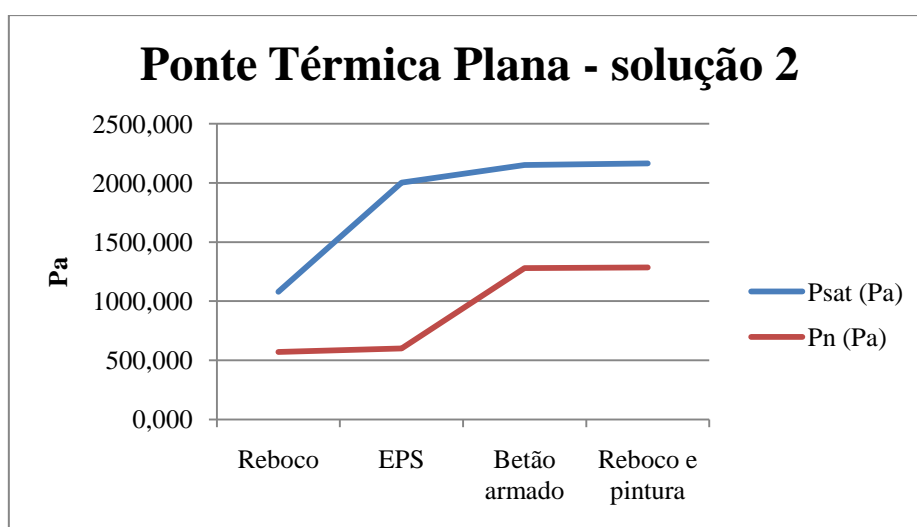


Figura 5.30 - Verificação das condensações interiores para as pontes térmicas planas

Relativamente à solução construtiva que utiliza a caixa de ar parcialmente preenchida com isolamento térmico, pode observar-se que a pressão de vapor nunca é próxima da pressão de saturação, apesar de esta diferença ser menor do que na solução construtiva anterior. Assim, pode concluir-se que não há o risco de ocorrência de condensações interiores.

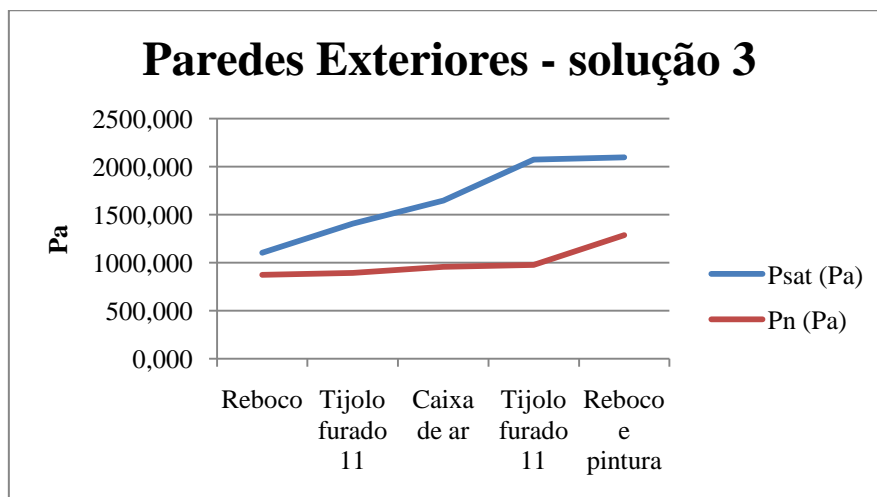


Figura 5.31 - Verificação das condensações interiores para as paredes exteriores

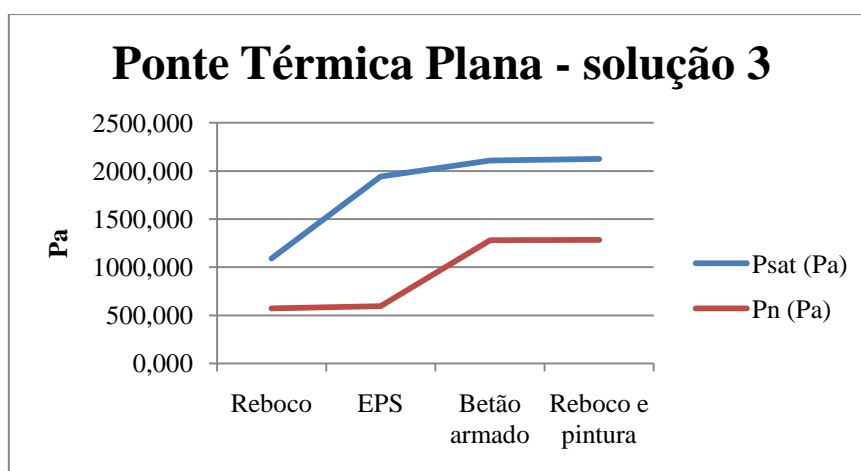


Figura 5.32 - Verificação das condensações interiores para as pontes térmicas planas

Em relação à solução construtiva que utiliza a parede dupla sem isolamento térmico, pode observar-se que, também nesta solução, a pressão de vapor nunca é próxima da pressão de saturação, apesar de ser a que apresenta uma menor diferença. Assim, pode concluir-se que não há o risco de ocorrência de condensações interiores.

De notar, que nesta zona climática, a pressão de vapor e de saturação são inferiores relativamente à outra zona climática em estudo, apesar de a diferença entre as duas ser semelhante.

6. Conclusões e sugestões para desenvolvimentos futuros

6.1. Principais conclusões

Após expostos os resultados, no capítulo anterior, obtidos através da elaboração do presente trabalho, apresentam-se agora as conclusões finais. O caso de estudo consistiu na implementação do RCCTE e do CTE ao edifício em estudo. Trata-se de um edifício de quatro andares ao qual foram aplicadas três soluções construtivas diferentes (isolamento térmico pelo exterior, parede dupla com caixa de ar parcialmente preenchida por isolamento térmico e parede dupla sem isolamento térmico) de envolvente exterior, de modo a observar as diferenças entre as mesmas.

Com a análise realizada neste trabalho foi possível verificar que o consumo energético dos edifícios a nível mundial é bastante elevado, tornando-se assim necessário diminuí-lo, quer através de um aumento da eficiência energética dos mesmos quer pela utilização de sistemas de energias renováveis, como é o exemplo dos colectores solares.

Apresentando como ponto de partida o regulamento português e o espanhol (RCCTE e CTE, respectivamente), foram realizadas várias análises comparativas entre os mesmos, com o intuito de descobrir as principais diferenças entre os dois, no que respeita o processo de licenciamento. A principal diferença entre os dois regulamentos em estudo reside no facto do RCCTE limitar as necessidades energéticas e os valores dos coeficientes de transmissão térmica dos elementos do edifício, enquanto o CTE apenas limita estes últimos. Mesmo não limitando as necessidades energéticas, o regulamento espanhol impõe exigências de rendimento dos sistemas térmicos, de eficiência para os sistemas de iluminação, e de contribuição solar mínima para o fornecimento de água quente. No caso do RCCTE, algumas destas exigências estão implícitas no cálculo das necessidades de energia.

Com a execução da presente dissertação, foi possível verificar que, relativamente aos valores limites dos coeficientes de transmissão térmica, o regulamento espanhol é mais rigoroso do que o português, apresentando valores máximos, por vezes, bastante inferiores. Deste modo, sobressai a obrigatoriedade de utilização de isolamento térmico de modo a cumprir os requisitos impostos pelo CTE, tal como foi demonstrado pela solução construtiva 3.

Relativamente às necessidades energéticas, foi possível concluir que as necessidades de aquecimento são as que mais condicionam os edifícios em Portugal. Comprovou-se

que as soluções utilizadas de isolamento pelo exterior (ETICS) e de parede dupla com caixa de ar parcialmente preenchida com isolamento térmico obtêm necessidades de aquecimento e arrefecimento semelhantes para ambas as zonas climáticas em estudos. Por outro lado, a solução de caixa de ar sem isolamento térmico foi a que apresentou sempre maiores necessidades de aquecimento, verificando-se assim que o isolamento térmico é bastante vantajoso para a obtenção de uma maior eficiência térmica e de uma redução dos consumos de energia. Comparando com as outras duas soluções, esta apresenta maiores necessidades de aquecimento na ordem dos 20-35%. Esta última solução, no caso do piso 1 na zona climática 2, nem era considerada regulamentar, devido às excessivas necessidades de aquecimento.

Por fim, os resultados devem ser interpretados com o devido cuidado, tendo em conta os pressupostos utilizados.

6.2. Desenvolvimentos futuros

Na sequência deste trabalho consideram-se possíveis desenvolvimentos futuros a realizar, possibilitando um conhecimento mais abrangente do tema. Poderá ser realizado um estudo de comparação com outros países de climas semelhantes e verificar as diversas zonas climáticas existentes nesses países. Seria interessante estudar o comportamento térmico de outras soluções construtivas e tentar encontrar a espessura ideal de isolamento térmico para cada uma das zonas climáticas. Poderá ser realizado um outro estudo com outras orientações do edifício, de modo a observar a importância dos ganhos solares pelos vãos envidraçados. Outro desenvolvimento futuro interessante é a realização de um estudo de análise dos custos de construção e manutenção de diversas soluções construtivas.

7. Bibliografia

- [1] European Commission Energy. Acesso em 23/10/2010. Disponível em: http://ec.europa.eu/energy/efficiency/doc/buildings/info_note.pdf.
- [2] TORCELLINI, P.; PLESS, S.; DERU, M.; CRAWLEY, D. – *Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition – ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*. Califórnia, Agosto 2006.
- [3] IEA Information Paper 03/08 – *Energy Efficiency Requirements in Building Codes, Energy Efficiency Policies for New Buildings*. IEA, Março 2008.
- [4] Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios. Jornal Oficial das Comunidades Europeias N.º L1 de 04.01.2003, pp. 65-71.
- [5] International Energy Agency (IEA) – *Light's Labour's Lost: Policies for Energy-Efficient Lighting*. Paris, 2006.
- [6] International Energy Agency (IEA) – *Cool Appliances, Policy Strategies for Energy Efficient Homes*. Paris, 2006.
- [7] International Energy Agency (IEA) – *Comparing Building Codes and Selecting Best Practices – Working paper*. Paris, Setembro 2006.
- [8] Directiva 2005/32/EC do Parlamento Europeu e do Conselho de 6 de Julho de 2005 relativa à criação de um quadro para definir os requisitos de concepção ecológica dos produtos que consomem energia e que altera as Directivas 92/42/CEE do Conselho e as Directivas 96/57/CE e 2000/55/CE do Parlamento Europeu e do Conselho. Jornal Oficial das Comunidades Europeias N.º L191 de 22.07.2005, pp. 29-58.
- [9] Directiva 2006/32/EC do Parlamento Europeu e do Conselho de 5 de Abril de 2006 relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos e que revoga a Directiva 93/76/CEE do Conselho. Jornal Oficial das Comunidades Europeias N.º L114 de 27.04.2006, pp. 64-85.
- [10] GONÇALVES, H.; AELENEI, L. – *Towards Net Zero Energy Buildings – Seminário Keep Cool in Zero Energy*. Alfragide, LNEG, Maio 2010.
- [11] JOYCE, António – *Energia Solar e o seu contributo para os Edifícios de Balanço Energético Nulo – Seminário Keep Cool in Zero Energy*. Alfragide, LNEG, Maio 2010.
- [12] Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril – *Aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)*.

- [13] Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril – *Aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios* (RSECE).
- [14] Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril – *Aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios* (RCCTE).
- [15] Programa para a Eficiência Energética em Edifícios (P3e) – Informação sobre a iniciativa pública: Eficiência energética nos edifícios – N.º 7 de Janeiro de 2006. Acesso em 07/07/2010. Disponível em: <http://www.p3e-portugal.com/ficheiros/2/2/news7-3.pdf>.
- [16] SILVA, Pedro C. Pereira da – *Análise do comportamento térmico de construções não convencionais através de simulação em VisualDOE* – Dissertação de mestrado. Guimarães, Universidade do Minho, 2006.
- [17] AFONSO, João – *Estudo do comportamento térmico de edifícios antigos* – Dissertação de mestrado. Monte de Caparica, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2009.
- [18] RODRIGUES, A. M.; PIEDADE, A. Canha da; BRAGA, A. M. – *Térmica de edifícios*. Amadora, Edições Orion, Março 2009.
- [19] SANTOS, C. A. Pina dos; PAIVA, J. A. Vasconcelos – *Caracterização térmica de paredes de alvenaria – ITE 12*. Lisboa, LNEC, 2008.
- [20] SANTOS, C. A. Pina dos; MATIAS, L. – *Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios – ITE 50*. Lisboa, LNEC, 2007.
- [21] AELENEI, Daniel – *RCCTE “Light”*. Monte de Caparica, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Setembro 2008.
- [22] NP 1037-1:2002 – *Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás. Parte 1: Edifícios de habitação. Ventilação natural*. IPQ, 2002.
- [23] Real Decreto 314/2006 de 17 de Marzo – *por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación* (CTE).
- [24] Real Decreto 1027/2007 de 20 de Julio – *por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios* (RITE).
- [25] Real Decreto 47/2007 de 19 de Enero – *por el que se aprueba el Procedimiento Básico para la Certificación de Eficiencia Energética de Edificios de Nueva Construcción*.
- [26] Código Técnico de la Edificación. Acesso em 11/11/2010. Disponível em: <http://codigotecnico.org/web/>.
- [27] International Energy Agency (IEA). Acesso em 19/12/2010. Disponível em: <http://www.iea.org/textbase/pm/?mode=pm&id=2439&action=detail>.

- [28] Ministerio de Vivienda – *Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE: Ahorro de energía*. Madrid, Abril 2009.
- [29] HENRIQUES, Fernando M. A. – *Humidade em paredes*. Lisboa, LNEC, 1994.
- [30] Agência para a Energia (ADENE) – *Reabilitação energética da envolvente de edifícios residenciais*. Acesso em 07/07/2010. Disponível em: <http://www.adene.pt/NR/rdonlyres/0000008f/dlsmbizoqgvncjxjfdkgikimrulbfcqg/Reabilita%C3%A7%C3%A3oenerg%C3%A9tica.pdf>.

8. Anexos

8.1. Anexo I

Massa útil dos elementos de construção e inércia térmica

Quadro 8.1 – Massa útil dos elementos da solução construtiva 1 (piso 1)

Paredes Exteriores em zona corrente	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Tijolo cerâmico furado 22	0,22	-	220,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			256,00
Ponte Térmica Plana em zona corrente	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,22	2350	517,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			553,00
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Quarto 1.5 e Patim	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	-	140,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			176,00
Ponte Térmica Plana - Pilares - Hall e Patim	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,22	2350	517,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1900	38,00
Massa total (kg/m²)			555,00
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Sala e Edifício Adjacente)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	-	140,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1900	38,00
Massa total (kg/m²)			178,00
Ponte Térmica Plana (Sala e Edifício Adjacente)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,22	2350	517,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1900	38,00
Massa total (kg/m²)			555,00
Paredes Interiores à fracção autónoma	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,015	1150	17,25
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	-	140,00
Reboco (estruque tradicional)	0,015	1150	17,25
Massa total (kg/m²)			174,50
Paredes betão em contacto com espaços não aquecidos (Sala/Hall e Caixa de Elevador)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Placa de gesso cartonado	0,02	900	18,00
Massa total (kg/m²)			18,00
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre zona útil e zona não útil) - Sala, quartos e hall	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Painéis Aglomerado de partículas de madeira	0,02	600	12,00
Betonilha de Regularização	0,02	1500	30,00
Massa total (kg/m²)			42,00

Quadro 8.2 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 1 (piso 1)

Pavimentos em Contacto com o Interior (entre zona útil e zona não útil) (I.S. e cozinha)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Ladrilho grés cerâmico	0,02	2300	46,00
Betonilha de Regularização	0,02	1500	30,00
Massa total (kg/m²)			76,00
Tectos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão Armado	0,2	2350	470,00
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Massa total (kg/m²)			493,00

Quadro 8.3 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 1 (piso 3)

Paredes Exteriores em zona corrente	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Tijolo cerâmico furado 22	0,22	-	220,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			256,00
Ponte Térmica Plana em zona corrente	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,22	2350	517,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			553,00
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Cozinha/Hall e Patim	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	-	140,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			176,00
Ponte Térmica Plana - Pilares - Cozinha e Patim	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,22	2350	517,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1900	38,00
Massa total (kg/m²)			555,00
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Sala e Edifício Adjacente)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	-	140,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1900	38,00
Massa total (kg/m²)			178,00
Ponte Térmica Plana (Sala e Edifício Adjacente)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,22	2350	517,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1900	38,00
Massa total (kg/m²)			555,00
Paredes Interiores à fracção autónoma	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,015	1150	17,25
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	-	140,00
Reboco (estruque tradicional)	0,015	1150	17,25
Massa total (kg/m²)			174,50

Quadro 8.4 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 1 (pisos 3)

Paredes betão em contacto com espaços não aquecidos (Sala/Hall e Elevador)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Placa de gesso cartonado	0,02	900	18,00
Massa total (kg/m²)			18,00
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) - Sala, quartos e hall	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Painéis Aglomerado de partículas de madeira	0,02	600	12,00
Betonilha de Regularização	0,02	1500	30,00
Massa total (kg/m²)			42,00
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) (I.S. e cozinha)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Ladrilho grés cerâmico	0,02	2300	46,00
Betonilha de Regularização	0,02	1500	30,00
Massa total (kg/m²)			76,00
Tectos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão Armado	0,2	2350	470,00
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Massa total (kg/m²)			493,00

Quadro 8.5 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 1 (pisos 4)

Paredes Exteriores em zona corrente	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Tijolo cerâmico furado 22	0,22	-	220,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			256,00
Ponte Térmica Plana em zona corrente	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,22	2350	517,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			553,00
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Cozinha/Hall e Patim	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	-	140,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			176,00
Ponte Térmica Plana - Pilares - Cozinha e Patim	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,22	2350	517,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1900	38,00
Massa total (kg/m²)			555,00
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Sala e Edifício Adjacente)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	-	140,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1900	38,00
Massa total (kg/m²)			178,00

Quadro 8.6 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 1 (piso 4)

Ponte Térmica Plana (Sala e Edifício Adjacente)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,22	2350	517,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1900	38,00
Massa total (kg/m²)			555,00
Paredes Interiores à fracção autónoma	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,015	1150	17,25
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	-	140,00
Reboco (estruque tradicional)	0,015	1150	17,25
Massa total (kg/m²)			174,50
Paredes betão em contacto com espaços não aquecidos (Sala/Hall e Caixa de Elevador)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Placa de gesso cartonado	0,02	900	18,00
Massa total (kg/m²)			18,00
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) - Sala, quartos e hall	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Painéis Aglomerado de partículas de madeira	0,02	600	12,00
Betonilha de Regularização	0,02	1500	30,00
Massa total (kg/m²)			42,00
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) (L.S. e cozinha)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Ladrilho grés cerâmico	0,02	2300	46,00
Betonilha de Regularização	0,02	1500	30,00
Massa total (kg/m²)			76,00
Tectos em Contacto com o Interior (Cobertura)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão Armado	0,20	2350	470,00
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Massa total (kg/m²)			493,00
Tectos em Contacto com o Exterior (Cobertura)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Camada de forma (betão de argila expandida)	0,05	1400	70,00
Betão Armado	0,20	2350	470,00
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Massa total (kg/m²)			563,00

Quadro 8.7 – Inércia térmica da solução construtiva 1 (piso 1)

Elemento	m_t (kg/m²)	m_i (kg/m²)	Imposição regulamentar	M_{si} (kg/m²)	S_i (m²)	r_i	$M_{si} \cdot r_i \cdot S_i$ (kg)
Paredes Exteriores em zona corrente	-	256,00	$m_i \leq 150$	150	54,29	1	8142,83
Ponte Térmica Plana em zona corrente	-	553,00	$m_i \leq 150$	150	9,84	1	1476,38
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Quarto 1.5 e Patim)	-	176,00	$m_i \leq 150$	150	12,17	1	1825,20
Ponte Térmica Plana (Hall e Patim)	555,00	-	$m_i \leq 150$	150	1,17	1	175,50
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Sala e Edifício Adjacente)	-	178,00	$m_i \leq 150$	150	11,38	1	1707,60
Ponte Térmica Plana (Sala e Edifício Adjacente)	-	555,00	$m_i \leq 150$	150	2,50	1	375,00
Paredes Interiores à fracção autónoma	174,50	-	$m_t \leq 300$	174,5	70,20	1	12249,90
Paredes betão em contacto com espaços não aquecidos (Sala/Hall e Caixa de Elevador)	-	18,00	0	0	8,22	1	0,00
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre zona útil e zona não útil) (Sala, quartos e hall)	42,00	-	$m_t \leq 150$	42	86,86	1	3648,23
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre zona útil e zona não útil) (I. S. e cozinha)	76,00	-	$m_t \leq 150$	76	9,43	1	716,48
Tectos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas)	493,00	-	$m_t \leq 150$	150	96,29	1	14443,50
Total							44760,61
A_p (m²)							96,29
Inércia Térmica (kg/m²)							464,85
Classe de Inércia							Forte
							3

Quadro 8.8 - Inércia térmica da solução construtiva 1 (pisos 3)

Elemento	m_t (kg/m²)	m_i (kg/m²)	Imposição regulamentar	M_{si} (kg/m²)	S_i (m²)	r_i	$M_{si} \cdot r_i \cdot S_i$ (kg)
Paredes Exteriores em zona corrente	-	256,00	$m_i \leq 150$	150	49,04	1	7356,30
Ponte Térmica Plana em zona corrente	-	553,00	$m_i \leq 150$	150	8,29	1	1243,50
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Cozinha/Hall e Patim)	-	176,00	$m_i \leq 150$	150	11,22	1	1683,60
Ponte Térmica Plana (Cozinha e Patim)	555,00	-	$m_i \leq 150$	150	1,77	1	265,50
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Sala e Edifício Adjacente)	-	178,00	$m_i \leq 150$	150	11,38	1	1707,60
Ponte Térmica Plana (Sala e Edifício Adjacente)	-	555,00	$m_i \leq 150$	150	2,50	1	375,00
Paredes Interiores à fracção autónoma	174,50	-	$m_t \leq 300$	174,5	88,22	1	15394,04
Paredes betão em contacto com espaços não aquecidos (Sala/Hall e Caixa de Elevador)	-	18,00	0	0	8,32	1	0,00
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) (Sala, quartos e hall)	42,00	-	$m_t \leq 150$	42	92,95	1	3903,90
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) (I. S. e cozinha)	76,00	-	$m_t \leq 150$	76	18,84	1	1431,84
Tectos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas)	493,00	-	$m_t \leq 150$	150	111,79	1	16768,50
Total							50129,78
A_p (m²)							111,79
Inércia Térmica (kg/m²)							448,43
Classe de Inércia							Forte
							3

Quadro 8.9 - Inércia térmica da solução construtiva 1 (pisso 4)

Elemento	m_t (kg/m²)	m_i (kg/m²)	Imposição regulamentar	M_{si} (kg/m²)	S_i (m²)	r_i	$M_{si} \cdot r_i \cdot S_i$ (kg)
Paredes Exteriores em zona corrente	-	256,00	$m_i \leq 150$	150	46,72	1	7008,30
Ponte Térmica Plana em zona corrente	-	553,00	$m_i \leq 150$	150	8,29	1	1243,50
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Cozinha/Hall e Patim)	-	176,00	$m_i \leq 150$	150	11,22	1	1683,60
Ponte Térmica Plana (Cozinha e Patim)	555,00	-	$m_i \leq 150$	150	1,77	1	265,50
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Sala e Edifício Adjacente)	-	178,00	$m_i \leq 150$	150	11,38	1	1707,60
Ponte Térmica Plana (Sala e Edifício Adjacente)	-	555,00	$m_i \leq 150$	150	2,50	1	375,00
Paredes Interiores à fracção autónoma	174,50	-	$m_t \leq 300$	174,5	88,22	1	15394,04
Paredes betão em contacto com espaços não aquecidos (Sala/Hall e Caixa de Elevador)	-	18,00	0	0	8,06	1	0,00
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) (Sala, quartos e hall)	42,00	-	$m_t \leq 150$	42	93,04	1	3907,68
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) (I. S. e cozinha)	76,00	-	$m_t \leq 150$	76	18,84	1	1431,84
Tectos em Contacto com o Interior (Cobertura)	493,00	-	$m_t \leq 150$	150	1,76	1	264,71
Tectos em Contacto com o Exterior (Cobertura)	563,00	-	$m_t \leq 150$	150	110,12	1	16517,30
Total							49799,06
A_p (m²)							111,88
Inércia Térmica (kg/m²)							445,11
Classe de Inércia							Forte
							3

Quadro 8.10 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 2 (pisos 1)

Paredes Exteriores em zona corrente	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Tijolo cerâmico furado 11	0,110	-	140,000
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	1800	27,000
Massa total (kg/m²)			167,000
Ponte Térmica Plana em zona corrente	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,240	2350	564,000
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	1800	27,000
Massa total (kg/m²)			591,000
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Quarto 1.5 e Patim	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Tijolo cerâmico furado 11	0,110	-	140,000
Reboco (argamassa) e pintura	0,020	1800	36,000
Massa total (kg/m²)			176,000
Ponte Térmica Plana - Pilares - Hall e Patim	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,22	2350	517,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			553,00
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Sala e Edifício Adjacente)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	-	140,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			176,00
Ponte Térmica Plana (Sala e Edifício Adjacente)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,22	2350	517,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			553,00
Paredes Interiores à fracção autónoma	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,015	1150	17,250
Tijolo cerâmico furado 11	0,110	-	140,000
Reboco (estruque tradicional)	0,015	1150	17,250
Massa total (kg/m²)			174,500
Paredes betão em contacto com espaços não aquecidos (Sala/Hall e Caixa de Elevador)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Placa de gesso cartonado	0,02	900	18,00
Massa total (kg/m²)			18,00
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre zona útil e zona não útil) - Sala, quartos e hall	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Painéis Aglomerado de partículas de madeira	0,015	600	9,000
Betonilha de Regularização	0,025	1500	37,500
Massa total (kg/m²)			46,500

Quadro 8.11 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 2 (pisos 1)

Pavimentos em Contacto com o Interior (entre zona útil e zona não útil) (I.S. e cozinha)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Ladrilho grés cerâmico	0,015	2300	34,500
Betonilha de Regularização	0,025	1500	37,500
Massa total (kg/m²)			72,000
Tectos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão Armado	0,20	2350	470,00
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Massa total (kg/m²)			493,00

Quadro 8.12 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 2 (pisos 3)

Paredes Exteriores em zona corrente	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	-	140,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	1800	27,00
Massa total (kg/m²)			167,00
Ponte Térmica Plana em zona corrente	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,24	2350	564,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	1800	27,00
Massa total (kg/m²)			591,00
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Cozinha/Hall e Patim	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	-	140,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			176,00
Ponte Térmica Plana - Pilares - Cozinha e Patim	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,22	2350	517,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			553,00
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Sala e Edifício Adjacente)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	-	140,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			176,00
Ponte Térmica Plana (Sala e Edifício Adjacente)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,22	2350	517,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			553,00

Quadro 8.13 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 2 (pisos 3)

Paredes betão em contacto com espaços não aquecidos (Sala/Hall e Elevador)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Placa de gesso cartonado	0,02	900	18,00
Massa total (kg/m²)			18,00
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) - Sala, quartos e hall	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Painéis Aglomerado de partículas de madeira	0,015	600	9,00
Betonilha de Regularização	0,025	1500	37,50
Massa total (kg/m²)			46,50
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) (I.S. e cozinha)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Ladrilho grés cerâmico	0,015	2300	34,500
Betonilha de Regularização	0,025	1500	37,500
Massa total (kg/m²)			72,000
Tectos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão Armado	0,20	2350	470,00
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Massa total (kg/m²)			493,00

Quadro 8.14 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 2 (pisos 4)

Paredes Exteriores em zona corrente	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Tijolo cerâmico furado 11	0,110	-	140,000
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	1800	27,000
Massa total (kg/m²)			167,000
Ponte Térmica Plana em zona corrente	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,240	2350	564,000
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	1800	27,000
Massa total (kg/m²)			591,000
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Cozinha/Hall e Patim	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	-	140,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			176,00
Ponte Térmica Plana - Pilares - Cozinha e Patim	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,22	2350	517,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			553,00
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Sala e Edifício Adjacente)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	-	140,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			176,00

Quadro 8.15 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 2 (pisso 4)

Ponte Térmica Plana (Sala e Edifício Adjacente)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,22	2350	517,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			553,00
Paredes Interiores à fracção autónoma	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,015	1150	17,25
Tijolo cerâmico furado 11	0,11	-	140,00
Reboco (estruque tradicional)	0,015	1150	17,25
Massa total (kg/m²)			174,50
Paredes betão em contacto com espaços não aquecidos (Sala/Hall e Caixa de Elevador)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Placa de gesso cartonado	0,02	900	18,00
Massa total (kg/m²)			18,00
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) - Sala, quartos e hall	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Painéis Aglomerado de partículas de madeira	0,015	600	9,00
Betonilha de Regularização	0,025	1500	37,50
Massa total (kg/m²)			46,50
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) (I.S. e cozinha)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Ladrilho grés cerâmico	0,015	2300	34,50
Betonilha de Regularização	0,025	1500	37,50
Massa total (kg/m²)			72,00
Tectos em Contacto com o Interior (Cobertura)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão Armado	0,20	2350	470,00
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Massa total (kg/m²)			493,00
Tectos em Contacto com o Exterior (Cobertura)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Camada de forma (betão de argila expandida)	0,05	1400	70,00
Betão Armado	0,20	2350	470,00
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Massa total (kg/m²)			563,00

Quadro 8.16 - Inércia térmica da solução construtiva 2 (pisso 1)

Elemento	m_t (kg/m²)	m_i (kg/m²)	Imposição regulamentar	M_{si} (kg/m²)	S_i (m²)	r_i	$M_{si} \cdot r_i \cdot S_i$ (kg)
Paredes Exteriores em zona	-	167,00	$m_{pi} \leq 150$	150	54,29	1	8142,83
Ponte Térmica Plana em zona corrente	-	591,00	$m_{pi} \leq 150$	150	9,84	1	1476,38
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Quarto 1.5 e Patim)	-	176,00	$m_i \leq 150$	150	12,17	1	1825,20
Ponte Térmica Plana (Hall e Patim)	553,00	-	$m_i \leq 150$	150	1,17	1	175,50
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Sala e Edifício Adjacente)	-	176,00	$m_i \leq 150$	150	11,38	1	1707,60
Ponte Térmica Plana (Sala e Edifício Adjacente)	-	553,00	$m_i \leq 150$	150	2,50	1	375,00
Paredes Interiores à fracção autónoma	174,50	-	$m_t \leq 300$	174,5	70,20	1	12249,90
Paredes betão em contacto com espaços não aquecidos (Sala/Hall e Caixa de Elevador)	-	18,00	0	0	8,22	1	0,00
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre zona útil e zona não útil) (Sala, quartos e hall)	46,50	-	$m_t \leq 150$	46,5	86,86	1	4039,11
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre zona útil e zona não útil) (I. S. e cozinha)	72,00	-	$m_t \leq 150$	72	9,43	1	678,77
Tectos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas)	493,00	-	$m_t \leq 150$	150	96,29	1	14443,50
Total							45113,78
A_p (m²)							96,29
Inércia Térmica (kg/m²)							468,52
Classe de Inércia							Forte
							3

Quadro 8.17 - Inércia térmica da solução construtiva 2 (pisos 3)

Elemento	m_t (kg/m²)	m_i (kg/m²)	Imposição regulamentar	M_{si} (kg/m²)	S_i (m²)	r_i	$M_{si} \cdot r_i \cdot S_i$ (kg)
Paredes Exteriores em zona corrente	-	167,00	$m_{pi} \leq 150$	150	49,04	1	7356,30
Ponte Térmica Plana em zona corrente	-	591,00	$m_{pi} \leq 150$	150	8,29	1	1243,50
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Cozinha/Hall e Patim)	-	176,00	$m_i \leq 150$	150	11,22	1	1683,60
Ponte Térmica Plana (Cozinha e Patim)	553,00	-	$m_i \leq 150$	150	1,77	1	265,50
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Sala e Edifício Adjacente)	-	176,00	$m_i \leq 150$	150	11,38	1	1707,60
Ponte Térmica Plana (Sala e Edifício Adjacente)	-	553,00	$m_i \leq 150$	150	2,50	1	375,00
Paredes Interiores à fracção autónoma	174,50	-	$m_t \leq 300$	174,5	88,22	1	15394,04
Paredes betão em contacto com espaços não aquecidos (Sala/Hall e Caixa de Elevador)	-	18,00	0	0	8,32	1	0,00
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) (Sala, quartos e hall)	46,50	-	$m_t \leq 150$	46,5	92,95	1	4322,18
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) (I. S. e cozinha)	72,00	-	$m_t \leq 150$	72	18,84	1	1356,48
Tectos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas)	493,00	-	$m_t \leq 150$	150	111,79	1	16768,50
Total							50472,70
A_p (m²)							111,79
Inércia Térmica (kg/m²)							451,50
Classe de Inércia							Forte
							3

Quadro 8.18 - Inércia térmica da solução construtiva 2 (pisos 4)

Elemento	m_t (kg/m²)	m_i (kg/m²)	Imposição regulamentar	M_{si} (kg/m²)	S_i (m²)	r_i	$M_{si} \cdot r_i \cdot S_i$ (kg)
Paredes Exteriores em zona corrente	-	167,00	$m_{pi} \leq 150$	150	46,72	1	7008,30
Ponte Térmica Plana em zona corrente	-	591,00	$m_{pi} \leq 150$	150	8,29	1	1243,50
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Cozinha/Hall e Patim)	-	176,00	$m_i \leq 150$	150	11,22	1	1683,60
Ponte Térmica Plana (Cozinha e Patim)	553,00	-	$m_i \leq 150$	150	1,77	1	265,50
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Sala e Edifício Adjacente)	-	176,00	$m_i \leq 150$	150	11,38	1	1707,60
Ponte Térmica Plana (Sala e Edifício Adjacente)	-	553,00	$m_i \leq 150$	150	2,50	1	375,00
Paredes Interiores à fracção autónoma	174,50	-	$m_t \leq 300$	174,5	88,22	1	15394,04
Paredes betão em contacto com espaços não aquecidos (Sala/Hall e Caixa de Elevador)	-	18,00	0	0	8,06	1	0,00
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) (Sala, quartos e hall)	46,50	-	$m_t \leq 150$	46,5	93,04	1	4326,36
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) (I. S. e cozinha)	72,00	-	$m_t \leq 150$	72	18,84	1	1356,48
Tectos em Contacto com o Interior (Cobertura)	493,00	-	$m_t \leq 150$	150	1,76	1	264,71
Tectos em Contacto com o Exterior (Cobertura)	563,00	-	$m_t \leq 150$	150	110,12	1	16517,30
Total							50142,38
A_p (m²)							111,88
Inércia Térmica (kg/m²)							448,18
Classe de Inércia							Forte
							3

Quadro 8.19 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 3 (pisos 1)

Paredes Exteriores em zona corrente	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,015	1150	17,250
Tijolo cerâmico furado 11	0,110	-	140,000
Caixa de ar	0,030	-	-
Tijolo cerâmico furado 11	0,110	-	140,000
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	1800	27,000
Massa total (kg/m²)			167,000
Ponte Térmica Plana em zona corrente	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,220	2350	517,000
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	1800	27,000
Massa total (kg/m²)			544,000
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Quarto 1.5 e Patim	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Tijolo cerâmico furado 15	0,15	-	170,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			206,00
Ponte Térmica Plana - Pilares - Hall e Patim	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,22	2350	517,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			553,00
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Sala e Edifício Adjacente)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Tijolo cerâmico furado 15	0,15	-	140,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			176,00
Ponte Térmica Plana (Sala e Edifício Adjacente)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Betão armado	0,15	2350	352,50
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			388,50
Paredes Interiores à fracção autónoma	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,015	1150	17,250
Tijolo cerâmico furado 11	0,110	-	140,000
Reboco (estruque tradicional)	0,015	1150	17,250
Massa total (kg/m²)			174,500
Paredes betão em contacto com espaços não aquecidos (Sala/Hall e Caixa de Elevador)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Placa de gesso cartonado	0,02	900	18,00
Massa total (kg/m²)			18,00

Quadro 8.20 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 3 (pisos 1)

Pavimentos em Contacto com o Interior (entre zona útil e zona não útil) - Sala, quartos e hall	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Painéis Aglomerado de partículas de madeira	0,015	600	9,00
Betonilha de Regularização	0,025	1500	37,50
Massa total (kg/m²)			46,50
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre zona útil e zona não útil) (I.S. e cozinha)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Ladrilho grés cerâmico	0,015	2300	34,50
Betonilha de Regularização	0,025	1500	37,50
Massa total (kg/m²)			72,00
Tectos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão Armado	0,2	2350	470,00
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Massa total (kg/m²)			493,00

Quadro 8.21 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 3 (pisos 3)

Paredes Exteriores em zona corrente	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,015	1150	17,250
Tijolo cerâmico furado 11	0,110	-	140,000
Caixa de ar	0,030	-	-
Tijolo cerâmico furado 11	0,110	-	140,000
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	1800	27,000
Massa total (kg/m²)			167,000
Ponte Térmica Plana em zona corrente	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,220	2350	517,000
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	1800	27,000
Massa total (kg/m²)			544,000
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Cozinha/Hall e Patim	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Tijolo cerâmico furado 15	0,15	-	170,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			206,00
Ponte Térmica Plana - Pilares - Cozinha e Patim	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Betão armado	0,15	2350	352,50
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			388,50

Quadro 8.22 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 3 (pisos 3)

Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Sala e Edifício Adjacente)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Tijolo cerâmico furado 15	0,15	-	170,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			206,00
Ponte Térmica Plana (Sala e Edifício Adjacente)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Betão armado	0,15	2350	352,50
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			388,50
Paredes Interiores à fracção autónoma	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,015	1150	17,250
Tijolo cerâmico furado 11	0,110	-	140,000
Reboco (estruque tradicional)	0,015	1150	17,250
Massa total (kg/m²)			174,500
Paredes betão em contacto com espaços não aquecidos (Sala/Hall e Caixa de Elevador)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Placa de gesso cartonado	0,02	900	18,00
Massa total (kg/m²)			18,00
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) - Sala, quartos e hall	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Painéis Aglomerado de partículas de madeira	0,015	600	9,000
Betonilha de Regularização	0,025	1500	37,500
Massa total (kg/m²)			46,500
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) (I.S. e cozinha)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Ladrilho grés cerâmico	0,015	2300	34,500
Betonilha de Regularização	0,025	1500	37,500
Massa total (kg/m²)			72,000
Tectos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão Armado	0,20	2350	470,00
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Massa total (kg/m²)			493,00

Quadro 8.23 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 3 (pisos 4)

Paredes Exteriores em zona corrente	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,015	1150	17,250
Tijolo cerâmico furado 11	0,110	-	140,000
Caixa de ar	0,030	-	-
Tijolo cerâmico furado 11	0,110	-	140,000
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	1800	27,000
Massa total (kg/m²)			167,000
Ponte Térmica Plana em zona corrente	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão armado	0,220	2350	517,000
Reboco (argamassa) e pintura	0,015	1800	27,000
Massa total (kg/m²)			544,000
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos - Cozinha/Hall e Patim	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Tijolo cerâmico furado 15	0,15	-	170,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			206,00
Ponte Térmica Plana - Pilares - Cozinha e Patim	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Betão armado	0,15	2350	352,50
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			388,50
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Sala e Edifício Adjacente)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Tijolo cerâmico furado 15	0,15	-	170,00
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			206,00
Ponte Térmica Plana (Sala e Edifício Adjacente)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,02		0,00
Betão armado	0,15	2350	352,50
Reboco (argamassa) e pintura	0,02	1800	36,00
Massa total (kg/m²)			388,50
Paredes Interiores à fracção autónoma	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Reboco (estruque tradicional)	0,015	1150	17,250
Tijolo cerâmico furado 11	0,110	-	140,000
Reboco (estruque tradicional)	0,015	1150	17,250
Massa total (kg/m²)			174,500
Paredes betão em contacto com espaços não aquecidos (Sala/Hall e Caixa de Elevador)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Placa de gesso cartonado	0,02	900	18,00
Massa total (kg/m²)			18,00

Quadro 8.24 - Massa útil dos elementos da solução construtiva 3 (piso 4)

Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) - Sala, quartos e hall	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Painéis Aglomerado de partículas de madeira	0,015	600	9,00
Betonilha de Regularização	0,025	1500	37,50
Massa total (kg/m²)			46,50
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) (I.S. e cozinha)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Ladrilho grés cerâmico	0,015	2300	34,50
Betonilha de Regularização	0,025	1500	37,50
Massa total (kg/m²)			72,00
Tectos em Contacto com o Interior (Cobertura)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Betão Armado	0,20	2350	470,00
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Massa total (kg/m²)			493,00
Tectos em Contacto com o Exterior (Cobertura)	e (m)	Peso específico ρ (kg/m³)	Massa m_i (kg/m²)
Camada de forma (betão de argila expandida)	0,05	1400	70,00
Betão Armado	0,20	2350	470,00
Reboco (estruque tradicional)	0,02	1150	23,00
Massa total (kg/m²)			563,00

Quadro 8.25 - Inércia térmica da solução construtiva 3 (pisso 1)

Elemento	m_t (kg/m²)	m_i (kg/m²)	Imposição regulamentar	M_{si} (kg/m²)	S_i (m²)	r_i	$M_{si} \cdot r_i \cdot S_i$ (kg)
Paredes Exteriores em zona corrente	-	167,00	$m_{pi}/2 \leq 150$	83,5	54,29	1	4532,84
Ponte Térmica Plana em zona corrente	-	544,00	$m_t \leq 150$	150	9,84	1	1476,38
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Quarto 1.5 e Patim)	-	206,00	$m_t/2 \leq 150$	103	12,17	1	1253,30
Ponte Térmica Plana (Hall e Patim)	553,00	-	$m_i \leq 150$	150	1,17	1	175,50
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Sala e Edifício Adjacente)	-	176,00	$m_t/2 \leq 150$	88	11,38	1	1001,79
Ponte Térmica Plana (Sala e Edifício Adjacente)	-	388,50	$m_t/2 \leq 150$	150	2,50	1	375,00
Paredes Interiores à fracção autónoma	174,50	-	$m_t \leq 300$	174,5	70,20	1	12249,90
Paredes betão em contacto com espaços não aquecidos (Sala/Hall e Caixa de Elevador)	-	18,00	0	0	8,22	1	0,00
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre zona útil e zona não útil) (Sala, quartos e hall)	46,50	-	$m_t \leq 150$	46,5	86,86	1	4039,11
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre zona útil e zona não útil) (I. S. e cozinha)	72,00	-	$m_t \leq 150$	72	9,43	1	678,77
Tectos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas)	493,00	-	$m_t \leq 150$	150	96,29	1	14443,50
Total							40226,09
A_p (m²)							96,29
Inércia Térmica (kg/m²)							417,76
Classe de Inércia							Forte
							3

Quadro 8.26 - Inércia térmica da solução construtiva 3 (pisso 3)

Elemento	m_t (kg/m²)	m_i (kg/m²)	Imposição regulamentar	M_{si} (kg/m²)	S_i (m²)	r_i	$M_{si} \cdot r_i \cdot S_i$ (kg)
Paredes Exteriores em zona corrente	-	167,00	$m_{pi}/2 \leq 150$	83,5	49,04	1	4095,01
Ponte Térmica Plana em zona corrente	-	544,00	$m_t \leq 150$	150	8,29	1	1243,50
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Cozinha/Hall e Patim)	-	206,00	$m_t/2 \leq 150$	103	11,22	1	1156,07
Ponte Térmica Plana (Cozinha e Patim)	388,50	-	$m_i \leq 150$	150	1,77	1	265,50
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Sala e Edifício Adjacente)	-	206,00	$m_t/2 \leq 150$	103	11,38	1	1172,55
Ponte Térmica Plana (Sala e Edifício Adjacente)	-	388,50	$m_t/2 \leq 150$	150	2,50	1	375,00
Paredes Interiores à fracção autónoma	174,50	-	$m_t \leq 300$	174,5	88,22	1	15394,04
Paredes betão em contacto com espaços não aquecidos (Sala/Hall e Caixa de Elevador)	-	18,00	0	0	8,32	1	0,00
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) (Sala, quartos e hall)	46,50	-	$m_t \leq 150$	46,5	92,95	1	4322,18
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) (I. S. e cozinha)	72,00	-	$m_t \leq 150$	72	18,84	1	1356,48
Tectos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) - com isolamento	493,00	-	$m_t \leq 150$	150	111,79	1	16768,50
Total							46148,83
A_p (m²)							111,79
Inércia Térmica (kg/m²)							412,82
Classe de Inércia							Forte
							3

Quadro 8.27 - Inércia térmica da solução construtiva 3 (pisso 4)

Elemento	m_t (kg/m²)	m_i (kg/m²)	Imposição regulamentar	M_{si} (kg/m²)	S_i (m²)	r_i	$M_{si} \cdot r_i \cdot S_i$ (kg)
Paredes Exteriores em zona corrente	-	167,00	$m_{pi}/2 \leq 150$	83,5	46,72	1	3901,29
Ponte Térmica Plana em zona corrente	-	544,00	$m_t \leq 150$	150	8,29	1	1243,50
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Cozinha/Hall e Patim)	-	206,00	$m_t/2 \leq 150$	103	11,22	1	1156,07
Ponte Térmica Plana (Cozinha e Patim)	388,50	-	$m_i \leq 150$	150	1,77	1	265,50
Paredes Interiores em contacto com espaços não aquecidos (Sala e Edifício Adjacente)	-	206,00	$m_t/2 \leq 150$	103	11,38	1	1172,55
Ponte Térmica Plana (Sala e Edifício Adjacente)	-	388,50	$m_t/2 \leq 150$	150	2,50	1	375,00
Paredes Interiores à fracção autónoma	174,50	-	$m_t \leq 300$	174,5	88,22	1	15394,04
Paredes betão em contacto com espaços não aquecidos (Sala/Hall e Caixa de Elevador)	-	18,00	0	0	8,06	1	0,00
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) (Sala, quartos e hall)	46,50	-	$m_t \leq 150$	46,5	93,04	1	4326,36
Pavimentos em Contacto com o Interior (entre fracções autónomas) (I. S. e cozinha)	72,00	-	$m_t \leq 150$	72	18,84	1	1356,48
Tectos em Contacto com o Interior (Cobertura)	493,00	-	$m_t \leq 150$	150	1,76	1	264,71
Tectos em Contacto com o Exterior (Cobertura)	563,00	-	$m_t \leq 150$	150	110,12	1	16517,30
Total							45972,79
A_p (m²)							111,88
Inércia Térmica (kg/m²)							410,91
Classe de Inércia							Forte
							3

8.2. Anexo II

Folhas de cálculo do RCCTE

- Zona 1 - Solução 1 - Caso 1 – Piso 1

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	30,00	0,57	17,12
Alçado Sul	1,38	0,57	0,79
Alçado Este	9,56	0,57	5,45
Alçado Oeste	13,36	0,57	7,62
Alçado Norte - Ptp	3,67	0,75	2,74
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,75	0,00
Alçado Este - Ptp	2,71	0,75	2,02
Alçado Oeste - Ptp	3,47	0,75	2,58
	64,13	TOTAL	38,32

Pavimentos Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Sala + Suite	7,23	0,60	4,37
I.S. 1.8	2,20	0,66	1,44
	9,43	TOTAL	5,81

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimentos sobre locais não aquecidos	24,57	0,50	12,29
Fachada com Pavimentos Intermédios	31,07	0,10	3,11
Duas Paredes Verticais	7,80	0,15	1,17
Caixa de estore	9,60	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	24,10	0,20	4,82
Fachada com Varanda	17,05	0,40	6,82
	114,19	TOTAL	28,20

**Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	72,34
--------------	--------------

Folha de cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,54	0,60	3,67
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,70	0,60	1,05
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,22	0,68	0,30	1,68
Parede interior (hall e quarto 1.5 com patim)	15,96	0,54	0,30	2,57
Ponte térmica plana (hall com patim)	1,17	0,70	0,30	0,25
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	41,03		TOTAL	10,56

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Quartos, hall e sala	70,47	0,60	0,30	12,79
Instalações sanitárias e cozinha	16,39	0,66	0,30	3,22
	86,86		TOTAL	16,01

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma	(W/°C)	TOTAL	26,58
----------------------------	--------	--------------	-------

Folha de cálculo FC IV. 1c
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	6,56	2,7	17,71
Alçado Oeste - Cozinha	2,90	2,7	7,83
Alçado Oeste - Suite	3,10	2,7	8,37
Alçado Este - I.S. 1.8	1,90	3,7	7,03
Alçado Este - Quarto 1.6	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Quarto 1.5	1,50	2,7	4,05
	17,46	TOTAL	49,04

$$A_{env} / A_p = 18,1\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="96,3"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="250,4"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="250,35"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="51,07"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	3,28	0,56	0,63	0,46	0,70	0,90	0,35
Oeste - Sala drt	Duplo	3,16	0,56	0,63	0,45	0,70	0,90	0,34
Oeste - Cozinha	Duplo	2,90	0,56	0,63	0,37	0,70	0,90	0,31
Oeste - Suite	Duplo	3,10	0,56	0,63	0,43	0,70	0,90	0,33
Este - I.S. 1.8	Duplo	1,90	0,56	0,63	0,58	0,70	0,90	0,24
Este - Quarto 1.6	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,43	0,70	0,90	0,16
Este - Quarto 1.5	Duplo	7,28	0,56	0,63	0,43	0,70	0,90	0,78
								0,00
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,52

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona II do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

108

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

6

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1632,10

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3) 4 (W/m²)

x

Duração da Estação de Aquecimento 6,00 (meses)

x

Área Útil de pavimento 96,29 (m²)

x

0,72

=

Ganhos Internos Brutos 1663,89 (kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,97

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

3295,99
6735,23

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	64,13
Coberturas exteriores	0,00
Pavimentos exteriores	9,43
Envidraçados exteriores	17,46
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	16,47
Coberturas interiores	0,00
Pavimentos interiores	26,06
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	133,55
	/
Volume (de FCIV.1d):	250,35
	=
FF	0,53

Graus-dias no local

(°C.dia)

(do Quadro III.1)

1410

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	60,20
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		61,94
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		67,72
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		101,13

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m2.ano)

61,94

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	72,34
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	26,58
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	49,04
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	51,07

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	199,03
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1410,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	6735,23
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	3210,23
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	3524,99
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	96,29
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	36,61
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	61,94

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

59,1%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	38,32	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	5,81	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	49,04	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	51,07	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	144,25	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	144,25	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	844,73	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL <i>(inclui paredes e cobertura)</i>							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	30,00	1,38	9,56	13,36	3,67	2,71	3,47
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,57	0,57	0,57	0,57	0,75	0,75	0,75
	x	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	6,85	0,31	2,18	3,05	1,09	0,81	1,03
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	210	400	460	460	210	460	460
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	57,53	5,03	40,14	56,11	9,20	14,84	19,00
							TOTAL
							201,85 (kWh)

Ganhos solares pelos envidraçados POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

183

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/>	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	<input type="text" value="96,29"/>	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	<input type="text" value="1127,75"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	<input type="text" value="1353,66"/>	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	<input type="text" value="201,85"/>	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	<input type="text" value="1127,75"/>	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	<input type="text" value="2683,26"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2683,26	(kWh)
Perdas Térmicas Totais (FCV.1a)	844,73	(kWh)
Relação Ganhos-Perdas	=	
	3,176465	
Inércia do edifício	(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	3

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,31	
	=	
	0,69	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2683,26	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	1843,05	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	($E_v = P_v \times 24 \times 0,03 \times 4$ (kWh))
	=	
TOTAL	1843,05	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m^2)	96,29	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	19,14	(kWh/ m^2 .ano)
	\leq	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	32	(kWh/ m^2 .ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 59,8%

Cálculo intermédio:
a = 4,2
 $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81
 $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,31

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitaria

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	4,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3056,51	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	1965,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS , N_{ac}	14,86	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS , N_a	49,13	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	61,94	
Nic (kW.h/m ² .ano)	36,61	
Nv (kW.h/m ² .ano)	32	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	19,14	
Na (kW.h/m ² .ano)	49,13	
Nac (kW.h/m ² .ano)	14,86	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária, Ntc

2,52

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária,
Nt

7,48

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

33,8%

A

- Zona 1 - Solução 1 - Caso 1 – Piso 3

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	25,60	0,57	14,61
Alçado Sul	1,38	0,57	0,79
Alçado Este	10,99	0,57	6,27
Alçado Oeste	11,07	0,57	6,32
Alçado Norte - Ptp	3,98	0,75	2,96
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,75	0,00
Alçado Este - Ptp	3,61	0,75	2,69
Alçado Oeste - Ptp	0,70	0,75	0,52
	57,33	TOTAL	34,17

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimento Intermédio	41,60	0,10	4,16
Fachada com Varanda	22,68	0,40	9,07
Duas Paredes Verticais	5,20	0,15	0,78
Caixa de estore	10,95	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	27,38	0,20	5,48
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
	107,81	TOTAL	19,49

Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	53,66
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,54	0,60	3,67
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,70	0,60	1,05
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,32	0,68	0,30	1,70
Parede interior (hall e cozinha com patim)	11,22	0,68	0,30	2,30
Ponte térmica plana (cozinha com patim)	1,77	0,70	0,30	0,37
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
				0,00
	37,00		TOTAL	10,44

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	10,44
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV. 1c
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	12,10	2,7	32,67
Alçado Oeste - Suite	2,72	2,7	7,34
Alçado Oeste - Quarto 3.8	2,40	2,7	6,48
Alçado Norte - I.S. 3.9	1,23	3,7	4,55
Alçado Este - Quarto 3.6	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Quarto 3.5	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Cozinha	4,08	2,7	11,02
			0,00
			0,00
Horizontais:			
			0,00
			0,00
			0,00
	25,53	TOTAL	70,16

$$A_{env} / A_p = 22,8\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="111,8"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="290,7"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumprir a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore (S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4) <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap? (S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas? (S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="290,65"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="59,29"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	3,14	0,56	0,63	0,41	0,70	0,90	0,34
Oeste - Sala drt	Duplo	8,84	0,56	0,63	0,47	0,70	0,90	0,93
Oeste - Suite	Duplo	2,72	0,56	0,63	0,52	0,70	0,90	0,32
Oeste - Quarto 3.8	Duplo	2,40	0,56	0,63	0,32	0,70	0,90	0,26
Norte - I.S. 3.9	Duplo	1,23	0,27	0,63	0,52	0,70	0,90	0,13
Este - Quarto 3.6	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,55	0,70	0,90	0,18
Este - Quarto 3.5	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,38	0,70	0,90	0,16
Este - Cozinha	Duplo	4,08	0,56	0,63	0,38	0,70	0,90	0,44

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,75

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona II do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

108

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

6

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1784,14

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3) 4 (W/m²)

x

Duração da Estação de Aquecimento 6,00 (meses)

x

Área Útil de pavimento 111,79 (m²)

x

0,72

=

Ganhos Internos Brutos 1931,73 (kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,96

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

3715,87
6549,83

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma

De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)

m²

Paredes exteriores	57,33
Coberturas exteriores	0,00
Pavimentos exteriores	0,00
Envidraçados exteriores	25,53

De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A
τ)

Paredes interiores	15,26
Coberturas interiores	0,00
Pavimentos interiores	0,00
Envidraçados interiores	0,00

Área total: 98,13

/

Volume (de FCIV.1d): 290,65

=

FF 0,34

Graus-dias no local

(°C.dia)

(do Quadro III.1)

1410

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	60,20
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		51,72
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		58,58
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		101,13

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m².ano)

60,20

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	53,66
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	10,44
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	70,16
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	59,29

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	193,55
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1410,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	6549,83
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	3558,94
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	2990,90
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	111,79
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	26,75
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	60,20

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

44,4%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	34,17	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	70,16	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	59,29	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	163,63	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	163,63	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	958,19	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (<i>inclui paredes e cobertura</i>)							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	25,60	1,38	10,99	11,07	3,98	3,61	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,57	0,57	0,57	0,57	0,75	0,75	0,75
	x	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	5,85	0,31	2,51	2,53	1,19	1,08	0,21
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	210	400	460	460	210	460	460
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	49,10	5,03	46,18	46,51	9,96	19,81	3,84
TOTAL							180,43 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d

Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Suite	W Qua 3.8	N I.S. 3.9	E Qua 3.6	E Qua 3.5	E Cozi-nha
Área, A (m ²)	3,14	8,84	2,72	2,40	1,23	1,50	1,50	4,08
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,71	0,77	0,97	0,64	1,00	0,97	0,65	0,74
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,38	1,16	0,45	0,26	0,20	0,25	0,17	0,52
	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	460	460	460	460	210	460	460	460
	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	175,86	535,27	207,97	120,41	41,66	114,69	77,19	237,06
								TOTAL
								1510,11 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e
Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/>	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	<input type="text" value="111,79"/>	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	<input type="text" value="1309,28"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f
Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	<input type="text" value="1510,11"/>	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	<input type="text" value="180,43"/>	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	<input type="text" value="1309,28"/>	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	<input type="text" value="2999,83"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 2999,83 (kWh)
(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 958,19 (kWh)
(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 3,130713

Inércia do edifício *(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)* 3

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,32	
	=	
	0,68	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2999,83	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	2047,05	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	($E_v = P_v \times 24 \times 0,03 \times 4$ (kWh))
	=	
TOTAL	2047,05	(kWh/ano)
	/	6549,83
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,79	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	18,31	(kWh/m ² .ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	32	(kWh/m ² .ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 57,2%

Cálculo intermédio:		
a = 4,2		
$\gamma = 1$	$\eta =$	0,81
$\gamma \neq 1$	$\eta =$	0,32

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	2495,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	15,66	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	52,89	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	60,20	
Nic (kW.h/m ² .ano)	26,75	
Nv (kW.h/m ² .ano)	32	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	18,31	
Na (kW.h/m ² .ano)	52,89	
Nac (kW.h/m ² .ano)	15,66	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária, Ntc

2,30

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, Nt

7,97

(kgep/m².ano)

Ntc /
Nt

28,8%

A

- Zona 1 - Solução 1 - Caso 1 – Piso 4

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	25,60	0,57	14,61
Alçado Sul	1,38	0,57	0,79
Alçado Este	8,67	0,57	4,95
Alçado Oeste	11,07	0,57	6,32
Alçado Norte - Ptp	3,98	0,75	2,96
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,75	0,00
Alçado Este - Ptp	3,61	0,75	2,69
Alçado Oeste - Ptp	0,70	0,75	0,52
	55,01	TOTAL	32,85

Coberturas Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Cobertura	114,97	0,71	81,17
	114,97	TOTAL	81,17

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimento Intermédio	19,08	0,10	1,91
Fachada com Terraço	31,62	0,55	17,39
Fachada com Varanda	26,12	0,40	10,45
Duas Paredes Verticais	5,20	0,15	0,78
Caixa de estore	10,92	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	27,32	0,20	5,46
	120,25	TOTAL	35,99

Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	150,00
--------------	--------

Folha de cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,54	0,60	3,67
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,70	0,60	1,05
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,06	0,68	0,30	1,65
Parede interior (hall e cozinha com patim)	11,22	0,54	0,30	1,81
Ponte térmica plana (cozinha com patim)	1,77	0,70	0,30	0,37
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
				0,00
	36,74		TOTAL	9,90

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Hall	1,76	0,72	0,30	0,38
	1,76		TOTAL	0,38

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL 10,28

Folha de cálculo FC IV. 1c
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	12,10	2,7	32,67
Alçado Oeste - Suite	2,72	2,7	7,34
Alçado Oeste - Quarto 4.8	2,40	2,7	6,48
Alçado Norte - I.S. 4.9	1,23	3,7	4,55
Alçado Este - Quarto 4.6	3,82	2,7	10,31
Alçado Este - Quarto 4.5	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Cozinha	4,08	2,7	11,02
	27,85	TOTAL	76,43

$$A_{env} / A_p = 24,9\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="111,9"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="290,9"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="290,89"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="59,34"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	6,05	0,56	0,63	0,53	0,70	0,90	0,71
Oeste - Sala drt	Duplo	5,82	0,56	0,63	0,52	0,70	0,90	0,67
Oeste - Suite	Duplo	2,72	0,56	0,63	0,52	0,70	0,90	0,32
Oeste - Quarto 4.8	Duplo	2,40	0,56	0,63	0,42	0,70	0,90	0,26
Norte - I.S. 4.9	Duplo	1,23	0,27	0,63	0,52	0,70	0,90	0,13
Este - Quarto 4.6 esq	Duplo	0,94	0,56	0,63	0,58	0,70	0,90	0,12
Este - Quarto 4.6 drt	Duplo	1,00	0,56	0,63	0,50	0,70	0,90	0,11
Este - Quarto 4.5	Duplo	3,82	0,56	0,63	0,39	0,70	0,90	0,41
Este - Cozinha	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,40	0,70	0,90	0,16
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,89

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (Gsul)

na zona II do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

108

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

6

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1874,48

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	6,00	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	111,88	(m ²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	1933,29	(kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,99

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

3807,76
10018,29

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f
Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma		
De FCIV.1a e FCIV.1c:	(Áreas)	m ²
Paredes exteriores		55,01
Coberturas exteriores		114,97
Pavimentos exteriores		0,00
Envidraçados exteriores		27,85
De FCIV.1b:	(Áreas equivalentes, A _τ)	
Paredes interiores		15,19
Coberturas interiores		0,53
Pavimentos interiores		0,00
Envidraçados interiores		0,00
Área total:		213,55
		/
Volume (de FCIV.1d):		290,89
		=
FF		0,73

Graus-dias no local
(°C.dia) (do Quadro III.1)

1410

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF ≤ 0,5	Auxiliar	60,20
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF ≤ 1		72,41
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF ≤ 1,5		76,26
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		101,13

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m².ano)

72,41

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	150,00
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	10,28
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	76,43
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	59,34

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	296,05
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1410,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	10018,29
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	3766,90
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	6251,39
	/
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,88
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m ² .ano)	55,88
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m ² .ano)	72,41

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

77,2%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	32,85	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	81,17	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	76,43	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	59,34	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	249,78	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	249,78	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	1462,72	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (<i>inclui paredes e cobertura</i>)							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	25,60	1,38	8,67	11,07	3,98	3,61	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,57	0,57	0,57	0,57	0,75	0,75	0,75
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	5,85	0,31	1,98	2,53	1,19	1,08	0,21
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	210	400	460	460	210	460	460
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	49,10	5,03	36,43	46,51	9,96	19,81	3,84
							TOTAL
							170,69 (kWh)

Ganhos solares pelos envidraçados

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Suite	W Qua 4.8	N I.S. 4.9	E Qua 4.6 e	E Qua 4.6 d	E Qua 4.5	E Cozinha	
Área, A (m ²)	6,05	5,82	2,72	2,40	1,23	0,94	1,00	3,82	1,50	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,71	0,70	0,97	0,95	1,00	0,79	0,84	0,65	0,737	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85	
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,74	0,70	0,45	0,39	0,20	0,13	0,14	0,43	0,19	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	460	460	460	460	210	460	460	460	460	
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	340,76	319,79	207,97	179,72	41,66	58,66	65,84	196,57	87,15	1498,1

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	111,88	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	1310,34	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	1498,12	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	170,69	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1310,34	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	2979,14	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 2979,14 (kWh)
(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 1462,72 (kWh)
(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 2,036712

Inércia do edifício (In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3) 3

		1	
		-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)		0,48	
		=	
		0,52	
		x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)		2979,14	(kWh)
		=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento		1554,91	(kWh/ano)
		+	
Consumo dos ventiladores		0,00	($E_v = P_v \times 24 \times 0,03 \times 4$ (kWh))
		=	
TOTAL		1554,91	(kWh/ano)
		/	
Área Útil de Pavimento (m ²)		111,88	
		=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc		13,90	(kWh/m ² .ano)
		≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)		32	(kWh/m ² .ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 43,4%

Cálculo intermédio:

a = 4,2
 $\gamma = 1$ $\eta = 0,81$
 $\gamma \neq 1$ $\eta = 0,48$

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	2495,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS , N_{ac}	15,64	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS , N_a	52,85	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	72,41	
Nic (kW.h/m ² .ano)	55,88	
Nv (kW.h/m ² .ano)	32	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	13,90	
Na (kW.h/m ² .ano)	52,85	
Nac (kW.h/m ² .ano)	15,64	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária, Ntc

3,10

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, Nt

8,07

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

38,4%

A

- Zona 1 - Solução 1 - Caso 4 – Piso 1

Folha de cálculo FC IV. 1a

Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores (incluindo pontes térmicas planas)	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	30,00	0,57	17,12
Alçado Sul	1,38	0,57	0,79
Alçado Este	9,56	0,57	5,45
Alçado Oeste	13,36	0,57	7,62
Alçado Norte - Ptp	3,67	0,75	2,74
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,75	0,00
Alçado Este - Ptp	2,71	0,75	2,02
Alçado Oeste - Ptp	3,47	0,75	2,58
	64,13	TOTAL	38,32

Pavimentos Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Sala + Suite	7,23	0,47	3,40
I.S. 1.8	2,20	0,49	1,09
	9,43	TOTAL	4,49

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimentos sobre locais não aquecidos	24,57	0,50	12,29
Fachada com Pavimentos Intermédios	31,07	0,10	3,11
Duas Paredes Verticais	7,80	0,15	1,17
Caixa de estore	9,60	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	24,10	0,20	4,82
Fachada com Varanda	17,05	0,40	6,82
	114,19	TOTAL	28,20

**Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	71,01
--------------	--------------

Folha de cálculo FC IV.1b

Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,54	0,60	3,67
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,70	0,60	1,05
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,22	0,68	0,30	1,68
Parede interior (hall e quarto 1.5 com patim)	15,96	0,54	0,30	2,57
Ponte térmica plana (hall com patim)	1,17	0,70	0,30	0,25
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	41,03		TOTAL	10,56

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Quartos, hall e sala	70,47	0,47	0,30	9,96
Instalações sanitárias e cozinha	16,39	0,49	0,30	2,43
	86,86		TOTAL	12,38

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	22,95
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV. 1c

Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	6,56	3,14	20,60
Alçado Oeste - Cozinha	2,90	2,28	6,61
Alçado Oeste - Suite	3,10	2,26	7,01
Alçado Este - I.S. 1.8	1,90	2,2	4,18
Alçado Este - Quarto 1.6	1,50	2,38	3,57
Alçado Este - Quarto 1.5	1,50	2,38	3,57
	17,46	TOTAL	45,54

$$A_{env} / A_p = 18,1\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento		<input type="text" value="96,3"/>	(m ²)
		x	
Pé-direito médio		<input type="text" value="2,6"/>	(m)
		=	
Volume interior (V)		<input type="text" value="250,4"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL		<i>(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)</i>	
Cumprir a NP 1037-1?	(S ou N)	<input type="text" value="S"/>	se SIM: RPH = <input type="text" value="0,6"/>
Se NÃO:			
Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="250,35"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="51,07"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	3,28	0,56	0,55	0,46	0,70	0,90	0,31
Oeste - Sala drt	Duplo	3,16	0,56	0,55	0,45	0,70	0,90	0,30
Oeste - Cozinha	Duplo	2,90	0,56	0,55	0,37	0,70	0,90	0,27
Oeste - Suite	Duplo	3,10	0,56	0,55	0,43	0,70	0,90	0,29
Este - I.S. 1.8	Duplo	1,90	0,56	0,55	0,58	0,70	0,90	0,21
Este - Quarto 1.6	Duplo	1,50	0,56	0,55	0,43	0,70	0,90	0,14
Este - Quarto 1.5	Duplo	7,28	0,56	0,55	0,43	0,70	0,90	0,68

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,20

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona II do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

108

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

6

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1424,85

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	6,00	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	96,29	(m ²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	1663,89	(kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,98

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

3088,74
6448,88

Inércia do edifício: a = $\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos (η)

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	64,13
Coberturas exteriores	0,00
Pavimentos exteriores	9,43
Envidraçados exteriores	17,46
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A _τ)	
Paredes interiores	16,47
Coberturas interiores	0,00
Pavimentos interiores	26,06
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	133,55
	/
Volume (de FCIV.1d):	250,35
	=
FF	0,53

Graus-dias no local
(°C.dia)

(do Quadro III.1)

1410

		Auxiliar
Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF ≤ 0,5	60,20
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF ≤ 1	61,94
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF ≤ 1,5	67,72
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5	101,13

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m².ano)

61,94

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	71,01
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	22,95
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	45,54
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	51,07

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	190,57
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1410,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	6448,88
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	3014,01
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	3434,86
	/
Área Útil de Pavimento (m ²)	96,29
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m ² .ano)	35,67
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m ² .ano)	61,94

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

57,6%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	38,32	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	4,49	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	45,54	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	51,07	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	139,42	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	139,42	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	816,44	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (<i>inclui paredes e cobertura</i>)							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	30,00	1,38	9,56	13,36	3,67	2,71	3,47
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,57	0,57	0,57	0,57	0,75	0,75	0,75
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	6,85	0,31	2,18	3,05	1,09	0,81	1,03
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	210	400	460	460	210	460	460
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	57,53	5,03	40,14	56,11	9,20	14,84	19,00
	TOTAL						201,85
							(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Cozi- nha	W Suite	E I.S. 1.8	E Qua 1.6	E Qua 1.5	
Área, A (m ²)	3,28	3,16	2,90	3,10	1,90	1,50	7,28	
	x	x	x	x	x	x	x	
Factor solar do vão envidraçado (<i>protecção solar activada a 70%</i>)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	
	x	x	x	x	x	x	x	
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de obstrução, Fs	0,77	0,73	0,65	0,87	0,86	0,64	0,71	
	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	
	=	=	=	=	=	=	=	
Área Efectiva, Ae	0,34	0,31	0,26	0,37	0,22	0,13	0,70	
	x	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	460	460	460	460	460	460	460	
	=	=	=	=	=	=	=	
	TOTAL							
	L							
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	157,8 3	142,8 8	118,21	168,3 0	101,9 7	59,9 1	322,5 5	1071,6 5 (KW h)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/>	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	<input type="text" value="96,29"/>	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	<input type="text" value="1127,75"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	<input type="text" value="1071,65"/>	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	<input type="text" value="201,85"/>	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	<input type="text" value="1127,75"/>	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	<input type="text" value="2401,25"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 2401,25 (kWh)
(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 816,44 (kWh)
(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 2,941117

Inércia do edifício 3
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,34	
	=	
	0,66	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2401,25	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	1590,63	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	(Ev=Pvx24x0,03x4(kWh))
	=	
TOTAL	1590,63	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)	96,29	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	16,52	(kWh/m ² .ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	32	(kWh/m ² .ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 51,6%

Cálculo intermédio:

a = 4,2
 $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81
 $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,34

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	4,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3056,51	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	1965,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	14,86	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	49,13	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	61,94	
Nic (kW.h/m ² .ano)	35,67	
Nv (kW.h/m ² .ano)	32	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	16,52	
Na (kW.h/m ² .ano)	49,13	
Nac (kW.h/m ² .ano)	14,86	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
Ntc

2,47

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, Nt

7,48

(kgep/m².ano)

Ntc /
Nt

33,1%

A

- Zona 1 - Solução 1 - Caso 4 – Piso 3

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	25,60	0,57	14,61
Alçado Sul	1,38	0,57	0,79
Alçado Este	10,99	0,57	6,27
Alçado Oeste	11,07	0,57	6,32
Alçado Norte - Ptp	3,98	0,75	2,96
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,75	0,00
Alçado Este - Ptp	3,61	0,75	2,69
Alçado Oeste - Ptp	0,70	0,75	0,52
	57,33	TOTAL	34,17

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimento Intermédio	41,60	0,10	4,16
Fachada com Varanda	22,68	0,40	9,07
Duas Paredes Verticais	5,20	0,15	0,78
Caixa de estore	10,95	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	27,38	0,20	5,48
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
	107,81	TOTAL	19,49

**Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	53,66
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,54	0,60	3,67
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,70	0,60	1,05
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,32	0,68	0,30	1,70
Parede interior (hall e cozinha com patim)	11,22	0,68	0,30	2,30
Ponte térmica plana (cozinha com patim)	1,77	0,70	0,30	0,37
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	37,00		TOTAL	10,44

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	10,44
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV. 1c
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	12,10	2,11	25,53
Alçado Oeste - Suite	2,72	2,29	6,23
Alçado Oeste - Quarto 3.8	2,40	2,2	5,28
Alçado Norte - I.S. 3.9	1,23	2,4	2,95
Alçado Este - Quarto 3.6	1,50	2,38	3,57
Alçado Este - Quarto 3.5	1,50	2,38	3,57
Alçado Este - Cozinha	4,08	2,17	8,85
	25,53	TOTAL	55,99

$$A_{env} / A_p = 22,8\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="111,8"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="290,7"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL		<i>(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)</i>	
Cumpre a NP 1037-1?	(S ou N)	<input type="text" value="S"/>	se SIM: RPH = <input type="text" value="0,6"/>
Se NÃO:			
Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Volume		<input type="text" value="290,65"/>	
		x	
Taxa de Renovação Nominal		<input type="text" value="0,60"/>	
		x	
		<input type="text" value="0,34"/>	
		=	
TOTAL		<input type="text" value="59,29"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e

Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	3,14	0,56	0,55	0,41	0,70	0,90	0,29
Oeste - Sala drt	Duplo	8,84	0,56	0,55	0,47	0,70	0,90	0,81
Oeste - Suíte	Duplo	2,72	0,56	0,55	0,52	0,70	0,90	0,28
Oeste - Quarto 3.8	Duplo	2,40	0,56	0,55	0,32	0,70	0,90	0,22
Norte - I.S. 3.9	Duplo	1,23	0,27	0,55	0,52	0,70	0,90	0,12
Este - Quarto 3.6	Duplo	1,50	0,56	0,55	0,55	0,70	0,90	0,16
Este - Quarto 3.5	Duplo	1,50	0,56	0,55	0,38	0,70	0,90	0,14
Este - Cozinha	Duplo	4,08	0,56	0,55	0,38	0,70	0,90	0,38

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,40

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona II do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

108

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

6

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1557,58

Ganhos Internos

Ganhos internos médios	(Quadro IV.3)	4	(W/m ²)
		x	
Duração da Estação de Aquecimento		6,00	(meses)
		x	
Área Útil de pavimento		111,79	(m ²)
		x	
		0,72	
		=	
Ganhos Internos Brutos		1931,73	(kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,96

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

3489,31
6070,13

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	57,33
Coberturas exteriores	0,00
Pavimentos exteriores	0,00
Envidraçados exteriores	25,53
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	15,26
Coberturas interiores	0,00
Pavimentos interiores	0,00
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	98,13
	/
Volume (de FCIV.1d):	290,65
	=
FF	0,34

Graus-dias no local
(°C.dia)

(do Quadro III.1)

1410

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	60,20
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		51,72
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		58,58
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		101,13

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m2.ano)

60,20

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	53,66
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	10,44
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	55,99
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	59,29

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	179,38
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1410,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	6070,13
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	3335,68
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	2734,45
	/
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,79
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m ² .ano)	24,46
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m ² .ano)	60,20

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

40,6%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	34,17	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	55,99	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	59,29	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	149,45	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	149,45	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	875,18	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (<i>inclui paredes e cobertura</i>)							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	25,60	1,38	10,99	11,07	3,98	3,61	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,57	0,57	0,57	0,57	0,75	0,75	0,75
	x	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	5,85	0,31	2,51	2,53	1,19	1,08	0,21
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	210	400	460	460	210	460	460
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
							TOTAL
							L
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	49,10	5,03	46,18	46,51	9,96	19,81	3,84
							180,43
							(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Suite	W Qua 3.8	N I.S. 3.9	E Qua 3.6	E Qua 3.5	E Cozi- nha
Área, A (m ²)	3,14	8,84	2,72	2,40	1,23	1,50	1,50	4,08
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidra- çado (protecção solar activada a 70%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,71	0,77	0,97	0,64	1,00	0,97	0,65	0,74
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,30	0,92	0,36	0,21	0,16	0,20	0,13	0,41
	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	460	460	460	460	210	460	460	460
	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	139,22	423,76	164,65	95,33	32,98	90,80	61,11	187,67
								TOTAL
								1195,50 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	111,79	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	1309,28	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	1195,50	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	180,43	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1309,28	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	2685,22	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 2685,22 (kWh)
(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 875,18 (kWh)
(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 3,068191

Inércia do edifício *(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)* 3

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,32	
	=	
	0,68	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2685,22	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	1815,38	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	(Ev=Pvx24x0,03x4(kWh))
	=	
TOTAL	1815,38	(kWh/ano)
	/	6070,13
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,79	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	16,24	(kWh/m².ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	32	(kWh/m².ano)

Verifica O.K.

Nvc/Nv (%) = 50,7%

Cálculo intermédio:

a = 4,2

$\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

$\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,32

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	2495,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	15,66	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	52,89	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	60,20	
Nic (kW.h/m ² .ano)	24,46	
Nv (kW.h/m ² .ano)	32	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	16,24	
Na (kW.h/m ² .ano)	52,89	
Nac (kW.h/m ² .ano)	15,66	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
Ntc

2,21

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, Nt

7,97

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

27,8%

A

- Zona 1 - Solução 1 - Caso 4 – Piso 4

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	25,60	0,57	14,61
Alçado Sul	1,38	0,57	0,79
Alçado Este	8,67	0,57	4,95
Alçado Oeste	11,07	0,57	6,32
Alçado Norte - Ptp	3,98	0,75	2,96
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,75	0,00
Alçado Este - Ptp	3,61	0,75	2,69
Alçado Oeste - Ptp	0,70	0,75	0,52
	55,01	TOTAL	32,85

Coberturas Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Cobertura	114,97	0,38	43,20
	114,97	TOTAL	43,20

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimento Intermédio	19,08	0,10	1,91
Fachada com Terraço	31,62	0,55	17,39
Fachada com Varanda	26,12	0,40	10,45
Duas Paredes Verticais	5,20	0,15	0,78
Caixa de estore	10,92	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	27,32	0,20	5,46
	120,25	TOTAL	35,99

**Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	112,03
--------------	--------

Folha de cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,54	0,60	3,67
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,70	0,60	1,05
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,06	0,68	0,30	1,65
Parede interior (hall e cozinha com patim)	11,22	0,54	0,30	1,81
Ponte térmica plana (cozinha com patim)	1,77	0,70	0,30	0,37
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	36,74		TOTAL	9,90

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Hall	1,76	0,38	0,30	0,20
	1,76		TOTAL	0,20

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL

10,10

Folha de cálculo FC IV. 1c
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	12,10	2,11	25,53
Alçado Oeste - Suite	2,72	2,29	6,23
Alçado Oeste - Quarto 4.8	2,40	2,2	5,28
Alçado Norte - I.S. 4.9	1,23	2,4	2,95
Alçado Este - Quarto 4.6	3,82	3,17	12,11
Alçado Este - Quarto 4.5	1,50	2,38	3,57
Alçado Este - Cozinha	4,08	2,17	8,85
	27,85	TOTAL	64,52

$$A_{env} / A_p = 24,9\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento		<input type="text" value="111,9"/>	(m ²)
		x	
Pé-direito médio		<input type="text" value="2,6"/>	(m)
		=	
Volume interior (V)		<input type="text" value="290,9"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL		<i>(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)</i>	
Cumpre a NP 1037-1?	(S ou N)	<input type="text" value="S"/>	se SIM: RPH = <input type="text" value="0,6"/>
Se NÃO:			
Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição (Ver Quadro IV.2)	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="290,89"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="59,34"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	6,05	0,56	0,55	0,53	0,70	0,90	0,62
Oeste - Sala drt	Duplo	5,82	0,56	0,55	0,52	0,70	0,90	0,59
Oeste - Suite	Duplo	2,72	0,56	0,55	0,52	0,70	0,90	0,28
Oeste - Quarto 4.8	Duplo	2,40	0,56	0,55	0,42	0,70	0,90	0,22
Norte - I.S. 4.9	Duplo	1,23	0,27	0,55	0,52	0,70	0,90	0,12
Este - Quarto 4.6 esq	Duplo	0,94	0,56	0,55	0,58	0,70	0,90	0,11
Este - Quarto 4.6 drt	Duplo	1,00	0,56	0,55	0,50	0,70	0,90	0,10
Este - Quarto 4.5	Duplo	3,82	0,56	0,55	0,39	0,70	0,90	0,36
Este - Cozinha	Duplo	1,50	0,56	0,55	0,40	0,70	0,90	0,14
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,53

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (Gsul)

na zona II do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

108

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

6

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1636,45

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	6,00	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	111,88	(m ²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	1933,29	(kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,98

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

3569,73
8324,54

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	55,01
Coberturas exteriores	114,97
Pavimentos exteriores	0,00
Envidraçados exteriores	27,85
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	15,19
Coberturas interiores	0,53
Pavimentos interiores	0,00
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	213,55
	/
Volume (de FCIV.1d):	290,89
	=
FF	0,73

Graus-dias no local
(°C.dia)

(do Quadro III.1)

1410

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	60,20
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		72,41
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		76,26
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		101,13

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m².ano)

72,41

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	112,03
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	10,10
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	64,52
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	59,34

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	246,00
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1410,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	8324,54
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	3510,81
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	4813,73
	/
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,88
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m ² .ano)	43,03
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m ² .ano)	72,41

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

59,4%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	32,85	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	43,20	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	64,52	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	59,34	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	199,91	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	199,91	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	1170,68	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL
(inclui paredes e cobertura)

Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	25,60	1,38	8,67	11,07	3,98	3,61	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,57	0,57	0,57	0,57	0,75	0,75	0,75
	x	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
α.U.A (W/°C)	5,85	0,31	1,98	2,53	1,19	1,08	0,21
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	210	400	460	460	210	460	460
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
							TOTAL
							L
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	49,10	5,03	36,43	46,51	9,96	19,81	3,84
							170,69
							(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Suite	W Qua 4.8	N I.S. 4.9	E Qua 4.6 e	E Qua 4.6 d	E Qua 4.5	E Cozi- nha
Área, A (m ²)	6,05	5,82	2,72	2,40	1,23	0,94	1,00	3,82	1,50
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envi- draçado (protecção solar activada a 70%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,71	0,70	0,97	0,95	1,00	0,79	0,84	0,65	0,737
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,59	0,55	0,36	0,31	0,16	0,10	0,11	0,34	0,15
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na esta- ção de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	460	460	460	460	210	460	460	460	460
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	269,77	253,16	164,65	142,28	32,98	46,44	52,12	155,62	69,00
									TOTAL
									1186,01 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	111,88	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	1310,34	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	1186,01	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	170,69	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1310,34	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	2667,04	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2667,04	(kWh)
Perdas Térmicas Totais (FCV.1a)	1170,68	(kWh)
Relação Ganhos-Perdas	= 2,278192	
Inércia do edifício (In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	3	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)		
	1	
	-	
	0,43	
	=	
	0,57	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2667,04	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	1517,33	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	($E_v = P_v \times 24 \times 0,03 \times 4$ (kWh))
	=	
TOTAL	1517,33	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,88	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	13,56	(kWh/m ² .ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	32	(kWh/m ² .ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 42,4%

Cálculo intermédio:		
a = 4,2		
$\gamma = 1$	$\eta =$	0,81
$\gamma \neq 1$	$\eta =$	0,43

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	2495,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	15,64	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	52,85	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	72,41
Nic (kW.h/m ² .ano)	43,03
Nv (kW.h/m ² .ano)	32
Nvc (kW.h/m ² .ano)	13,56
Na (kW.h/m ² .ano)	52,85
Nac (kW.h/m ² .ano)	15,64
η_i	1
η_v	3
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086

Art. 18.º - ponto 2

Art. 18.º - ponto 2

Art. 18º - ponto 1

Art. 18º - ponto 1

Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
Ntc

2,72

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, Nt

8,07

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

33,7%

A

- Zona 1 - Solução 1 - Caso 5 – Piso 1

Folha de cálculo FC IV. 1a

Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores (incluindo pontes térmicas planas)	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	30,00	0,95	28,50
Alçado Sul	1,38	0,95	1,31
Alçado Este	9,56	0,95	9,08
Alçado Oeste	13,36	0,95	12,69
Alçado Norte - Ptp	3,67	0,95	3,49
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,95	0,00
Alçado Este - Ptp	2,71	0,95	2,57
Alçado Oeste - Ptp	3,47	0,95	3,29
	64,13	TOTAL	60,92

Pavimentos Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Sala + Suite	7,23	0,65	4,70
I.S. 1.8	2,20	0,65	1,43
	9,43	TOTAL	6,13

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimentos sobre locais não aquecidos	24,57	0,50	12,29
Fachada com Pavimentos Intermédios	31,07	0,10	3,11
Duas Paredes Verticais	7,80	0,15	1,17
Caixa de estore	9,60	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	24,10	0,20	4,82
Fachada com Varanda	17,05	0,40	6,82
	114,19	TOTAL	28,20

Perdas pela envolvente exterior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	95,25
--------------	--------------

Folha de cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,95	0,60	6,49
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,95	0,60	1,43
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,22	0,95	0,30	2,34
Parede interior (hall e quarto 1.5 com patim)	15,96	0,95	0,30	4,55
Ponte térmica plana (hall com patim)	1,17	0,95	0,30	0,33
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	41,03		TOTAL	16,49

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Quartos, hall e sala	70,47	0,65	0,30	13,74
Instalações sanitárias e cozinha	16,39	0,65	0,30	3,20
	86,86		TOTAL	16,94

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	33,43
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV. 1c
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	6,56	4,4	28,86
Alçado Oeste - Cozinha	2,90	4,4	12,76
Alçado Oeste - Suite	3,10	4,4	13,64
Alçado Este - I.S. 1.8	1,90	4,4	8,36
Alçado Este - Quarto 1.6	1,50	4,4	6,60
Alçado Este - Quarto 1.5	1,50	4,4	6,60
	17,46	TOTAL	76,82

$$A_{env} / A_p = 18,1\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="96,3"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="250,4"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="250,35"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="51,07"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e

Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	3,28	0,56	0,55	0,46	0,70	0,90	0,31
Oeste - Sala drt	Duplo	3,16	0,56	0,55	0,45	0,70	0,90	0,30
Oeste - Cozinha	Duplo	2,90	0,56	0,55	0,37	0,70	0,90	0,27
Oeste - Suite	Duplo	3,10	0,56	0,55	0,43	0,70	0,90	0,29
Este - I.S. 1.8	Duplo	1,90	0,56	0,55	0,58	0,70	0,90	0,21
Este - Quarto 1.6	Duplo	1,50	0,56	0,55	0,43	0,70	0,90	0,14
Este - Quarto 1.5	Duplo	7,28	0,56	0,55	0,43	0,70	0,90	0,68
								0,00
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,20

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona **I1** do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

108

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

6

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1424,85

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)

4 (W/m²)

x

Duração da Estação de Aquecimento

6,00 (meses)

x

Área Útil de pavimento

96,29 (m²)

x

0,72

=

Ganhos Internos Brutos

1663,89 (kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,99

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos	3088,74
Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)	8682,42

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	64,13
Coberturas exteriores	0,00
Pavimentos exteriores	9,43
Envidraçados exteriores	17,46
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	16,47
Coberturas interiores	0,00
Pavimentos interiores	26,06
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	133,55
	/
Volume (de FCIV.1d):	250,35
	=
FF	0,53

Graus-dias no local
(°C.dia)

(do Quadro III.1)

1410

		Auxiliar
Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	60,20
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1	61,94
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5	67,72
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5	101,13

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m2.ano)

61,94

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	95,25
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	33,43
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	76,82
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	51,07

	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	256,57
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1410,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	8682,42
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	3062,70
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	5619,73
	/
Área Útil de Pavimento (m ²)	96,29
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m ² .ano)	58,36
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m ² .ano)	61,94

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

94,2%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	60,92	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	6,13	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	76,82	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	51,07	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	194,95	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	194,95	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	1141,60	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (<i>inclui paredes e cobertura</i>)							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	30,00	1,38	9,56	13,36	3,67	2,71	3,47
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	x	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	11,40	0,52	3,63	5,07	1,40	1,03	1,32
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	210	400	460	460	210	460	460
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	95,75	8,38	66,81	93,38	11,72	18,91	24,23
TOTAL							319,18 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Cozinha	W Suite	E I.S. 1.8	E Qua 1.6	E Qua 1.5
Área, A (m ²)	3,28	3,16	2,90	3,10	1,90	1,50	7,28
	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,77	0,73	0,65	0,87	0,86	0,64	0,71
	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,34	0,31	0,26	0,37	0,22	0,13	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	460	460	460	460	460	460	460
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	157,83	142,88	118,21	168,30	101,97	59,91	322,55
							TOTAL
							1071,65 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	96,29	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	1127,75	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	1071,65	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	319,18	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1127,75	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	2518,57	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 2518,57 (kWh)
(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 1141,60 (kWh)
(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 2,206176

Inércia do edifício *(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)* 3

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,44	
	=	
	0,56	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2518,57	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	1399,84	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	(Ev=Pvx24x0,03x4(kWh))
	=	
TOTAL	1399,84	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)	96,29	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	14,54	(kWh/m².ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	32	(kWh/m².ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 45,4%

Cálculo intermédio:
a = 4,2
 $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81
 $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,44

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	4,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3056,51	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	1965,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	14,86	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	49,13	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	61,94
Nic (kW.h/m ² .ano)	58,36
Nv (kW.h/m ² .ano)	32
Nvc (kW.h/m ² .ano)	14,54
Na (kW.h/m ² .ano)	49,13
Nac (kW.h/m ² .ano)	14,86
η_i	1
η_v	3
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086

Art. 18.º - ponto 2

Art. 18.º - ponto 2

Art. 18º - ponto 1

Art. 18º - ponto 1

Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
Ntc

3,11

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, Nt

7,48

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

41,6%

A

- Zona 1 - Solução 1 - Caso 5 – Piso 3

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	25,60	0,95	24,32
Alçado Sul	1,38	0,95	1,31
Alçado Este	10,99	0,95	10,44
Alçado Oeste	11,07	0,95	10,52
Alçado Norte - Ptp	3,98	0,95	3,78
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,95	0,00
Alçado Este - Ptp	3,61	0,95	3,43
Alçado Oeste - Ptp	0,70	0,95	0,67
	57,33	TOTAL	54,47

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimento Intermédio	41,60	0,10	4,16
Fachada com Varanda	22,68	0,40	9,07
Duas Paredes Verticais	5,20	0,15	0,78
Caixa de estore	10,95	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	27,38	0,20	5,48
	107,81	TOTAL	19,49

Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	73,95
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,95	0,60	6,49
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,95	0,60	1,43
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,32	0,95	0,30	2,37
Parede interior (hall e cozinha com patim)	11,22	0,95	0,30	3,20
Ponte térmica plana (cozinha com patim)	1,77	0,95	0,30	0,50
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	37,00		TOTAL	15,34

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	15,34
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV. 1c
Perdas associadas aos vão envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	12,10	4,4	53,24
Alçado Oeste - Suite	2,72	4,4	11,97
Alçado Oeste - Quarto 3.8	2,40	4,4	10,56
Alçado Norte - I.S. 3.9	1,23	4,4	5,41
Alçado Este - Quarto 3.6	1,50	4,4	6,60
Alçado Este - Quarto 3.5	1,50	4,4	6,60
Alçado Este - Cozinha	4,08	4,4	17,95
	25,53	TOTAL	112,33

$$A_{env} / A_p = 22,8\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	111,8	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	2,6	(m)
	=	
Volume interior (V)	290,7	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumprir a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição (Ver Quadro IV.2)	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	290,65	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	0,60	
	x	
	0,34	
	=	
TOTAL	59,29	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	3,14	0,56	0,55	0,41	0,70	0,90	0,29
Oeste - Sala drt	Duplo	8,84	0,56	0,55	0,47	0,70	0,90	0,81
Oeste - Suite	Duplo	2,72	0,56	0,55	0,52	0,70	0,90	0,28
Oeste - Quarto 3.8	Duplo	2,40	0,56	0,55	0,32	0,70	0,90	0,22
Norte - I.S. 3.9	Duplo	1,23	0,27	0,55	0,52	0,70	0,90	0,12
Este - Quarto 3.6	Duplo	1,50	0,56	0,55	0,55	0,70	0,90	0,16
Este - Quarto 3.5	Duplo	1,50	0,56	0,55	0,38	0,70	0,90	0,14
Este - Cozinha	Duplo	4,08	0,56	0,55	0,38	0,70	0,90	0,38
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,40

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona II do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

108

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

6

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1557,58

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	6,00	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	111,79	(m ²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	1931,73	(kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,99

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

3489,31
8829,44

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	57,33
Coberturas exteriores	0,00
Pavimentos exteriores	0,00
Envidraçados exteriores	25,53
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	15,26
Coberturas interiores	0,00
Pavimentos interiores	0,00
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	98,13
	/
Volume (de FCIV.1d):	290,65
	=
FF	0,34

Graus-dias no local

(°C.dia)

(do Quadro III.1)

1410

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	60,20
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		51,72
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		58,58
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		101,13

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m2.ano)

60,20

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	73,95
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	15,34
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	112,33
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	59,29

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	260,92
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1410,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	8829,44
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	3446,22
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	5383,22
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	111,79
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	48,15
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	60,20

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

80,0%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	54,47	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	112,33	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	59,29	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	226,09	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	226,09	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	1323,99	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (<i>inclui paredes e cobertura</i>)							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	25,60	1,38	10,99	11,07	3,98	3,61	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	x	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
α.U.A (W/°C)	9,73	0,52	4,18	4,21	1,51	1,37	0,27
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	210	400	460	460	210	460	460
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	81,72	8,38	76,85	77,40	12,70	25,26	4,89
							TOTAL
							287,20 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Suite	W Qua 3.8	N I.S. 3.9	E Qua 3.6	E Qua 3.5	E Cozi- nha
Área, A (m ²)	3,14	8,84	2,72	2,40	1,23	1,50	1,50	4,08
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidra- çado (protecção solar activada a 70%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,71	0,77	0,97	0,64	1,00	0,97	0,65	0,74
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,30	0,92	0,36	0,21	0,16	0,20	0,13	0,41
	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	460	460	460	460	210	460	460	460
	=	=	=	=	=	=	=	=
								TOTA L
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	139,2 2	423,7 6	164,6 5	95,3 3	32,9 8	90,8 0	61,1 1	187,67 0
								1195,5 0 (KW h)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	111,79	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	1309,28	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	1195,50	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	287,20	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1309,28	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	2791,99	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2791,99	(kWh)
Perdas Térmicas Totais (FCV.1a)	1323,99	(kWh)
Relação Ganhos-Perdas	= 2,108775	
Inércia do edifício (In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	3	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)		
	1	
	-	
	0,46	
	=	
	0,54	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2791,99	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	1498,97	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	(Ev=Pvx24x0,03x4(kWh))
	=	
TOTAL	1498,97	(kWh/ano)
	/	8829,44
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,79	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	13,41	(kWh/m ² .ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	32	(kWh/m ² .ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 41,9%

Cálculo intermédio:		
a = 4,2		
$\gamma = 1$	$\eta =$	0,81
$\gamma \neq 1$	$\eta =$	0,46

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitaria

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	2495,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	15,66	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	52,89	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a?$ Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	60,20	
Nic (kW.h/m ² .ano)	48,15	
Nv (kW.h/m ² .ano)	32	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	13,41	
Na (kW.h/m ² .ano)	52,89	
Nac (kW.h/m ² .ano)	15,66	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária, Ntc

2,87

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, Nt

7,97

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

36,0%

A

- Zona 1 - Solução 1 - Caso 5 – Piso 4

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	25,60	0,95	24,32
Alçado Sul	1,38	0,95	1,31
Alçado Este	8,67	0,95	8,24
Alçado Oeste	11,07	0,95	10,52
Alçado Norte - Ptp	3,98	0,95	3,78
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,95	0,00
Alçado Este - Ptp	3,61	0,95	3,43
Alçado Oeste - Ptp	0,70	0,95	0,67
	<i>55,01</i>	TOTAL	52,26

Coberturas Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Cobertura	114,97	0,53	60,93
	<i>114,97</i>	TOTAL	60,93

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimento Intermédio	19,08	0,10	1,91
Fachada com Terraço	31,62	0,55	17,39
Fachada com Varanda	26,12	0,40	10,45
Duas Paredes Verticais	5,20	0,15	0,78
Caixa de estore	10,92	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	27,32	0,20	5,46
	<i>120,25</i>	TOTAL	35,99

**Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	149,18
--------------	---------------

Folha de cálculo FC IV.1b

Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,95	0,60	6,49
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,95	0,60	1,43
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,06	0,95	0,30	2,30
Parede interior (hall e cozinha com patim)	11,22	0,95	0,30	3,20
Ponte térmica plana (cozinha com patim)	1,77	0,95	0,30	0,50
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	36,74		TOTAL	15,26

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Hall	1,76	0,53	0,30	0,28
	1,76		TOTAL	0,28

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL 15,54

Folha de cálculo FC IV. 1c

Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	12,10	4,4	53,24
Alçado Oeste - Suite	2,72	4,4	11,97
Alçado Oeste - Quarto 4.8	2,40	4,4	10,56
Alçado Norte - I.S. 4.9	1,23	4,4	5,41
Alçado Este - Quarto 4.6	3,82	4,4	16,81
Alçado Este - Quarto 4.5	1,50	4,4	6,60
Alçado Este - Cozinha	4,08	4,4	17,95
	27,85	TOTAL	122,54

$$A_{env} / A_p = 24,9\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="111,9"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="290,9"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumprir a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore (S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4) <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap? (S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas? (S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="290,89"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="59,34"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	6,05	0,56	0,55	0,53	0,70	0,90	0,62
Oeste - Sala drt	Duplo	5,82	0,56	0,55	0,52	0,70	0,90	0,59
Oeste - Suite	Duplo	2,72	0,56	0,55	0,52	0,70	0,90	0,28
Oeste - Quarto 4.8	Duplo	2,40	0,56	0,55	0,42	0,70	0,90	0,22
Norte - I.S. 4.9	Duplo	1,23	0,27	0,55	0,52	0,70	0,90	0,12
Este - Quarto 4.6 esq	Duplo	0,94	0,56	0,55	0,58	0,70	0,90	0,11
Este - Quarto 4.6 drt	Duplo	1,00	0,56	0,55	0,50	0,70	0,90	0,10
Este - Quarto 4.5	Duplo	3,82	0,56	0,55	0,39	0,70	0,90	0,36
Este - Cozinha	Duplo	1,50	0,56	0,55	0,40	0,70	0,90	0,14
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,53

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona II do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

108

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

6

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1636,45

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	6,00	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	111,88	(m ²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	1933,29	(kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 1,00

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

3569,73
11729,27

Inércia do edifício: a = $\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos (η)

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	55,01
Coberturas exteriores	114,97
Pavimentos exteriores	0,00
Envidraçados exteriores	27,85
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	15,19
Coberturas interiores	0,53
Pavimentos interiores	0,00
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	213,55
	/
Volume (de FCIV.1d):	290,89
	=
FF	0,73

Graus-dias no local
(°C.dia)

(do Quadro III.1)

1410

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	60,20
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		72,41
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		76,26
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		101,13

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m².ano)

72,41

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	149,18
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	15,54
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	122,54
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	59,34

	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	346,61
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1410,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	11729,27
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	3552,91
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	8176,36
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	111,88
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	73,08
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	72,41

Não verifica

K.O.

Nic/Ni (%) =

100,9%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	52,26	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	60,93	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	122,54	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	59,34	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	295,08	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	295,08	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	1727,96	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (<i>inclui paredes e cobertura</i>)							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	25,60	1,38	8,67	11,07	3,98	3,61	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	9,73	0,52	3,30	4,21	1,51	1,37	0,27
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	210	400	460	460	210	460	460
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	81,72	8,38	60,63	77,40	12,70	25,26	4,89
							TOTAL
							270,98 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Suite	W Qua 4.8	N I.S. 4.9	E Qua 4.6 e	E Qua 4.6 d	E Qua 4.5	E Cozi- nha
Área, A (m ²)	6,05	5,82	2,72	2,40	1,23	0,94	1,00	3,82	1,50
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envi- draçado (protecção solar activada a 70%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,71	0,70	0,97	0,95	1,00	0,79	0,84	0,65	0,737
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,59	0,55	0,36	0,31	0,16	0,10	0,11	0,34	0,15
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na esta- ção de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	460	460	460	460	210	460	460	460	460
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	269,77	253,16	164,65	142,28	32,98	46,44	52,12	155,62	69,00
									TOTAL
									1186,01 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	111,88	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	1310,34	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	1186,01	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	270,98	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1310,34	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	2767,33	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 2767,33 (kWh)
(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 1727,96 (kWh)
(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 1,601499

Inércia do edifício 3
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,59	
	=	
	0,41	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2767,33	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	1137,65	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	(Ev=Pvx24x0,03x4(kWh))
	=	
TOTAL	1137,65	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,88	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	10,17	(kWh/m².ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	32	(kWh/m².ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 31,8%

Cálculo intermédio:		
a = 4,2		
$\gamma = 1$	$\eta =$	0,81
$\gamma \neq 1$	$\eta =$	0,59

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	2495,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS , N_{ac}	15,64	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS , N_a	52,85	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	72,41	
Nic (kW.h/m ² .ano)	73,08	
Nv (kW.h/m ² .ano)	32	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	10,17	
Na (kW.h/m ² .ano)	52,85	
Nac (kW.h/m ² .ano)	15,64	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
Ntc

3,56

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, Nt

8,07

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

44,1%

A

- Zona 1 – Solução 2 - Caso 1 – Piso 1

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	30,00	0,59	17,79
Alçado Sul	1,38	0,59	0,82
Alçado Este	9,56	0,59	5,67
Alçado Oeste	13,36	0,59	7,92
Alçado Norte - Ptp	3,67	0,75	2,75
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,75	0,00
Alçado Este - Ptp	2,71	0,75	2,02
Alçado Oeste - Ptp	3,47	0,75	2,59
	64,13	TOTAL	39,55

Pavimentos Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Sala + Suite	7,23	0,47	3,40
I.S. 1.8	2,20	0,49	1,09
	9,43	TOTAL	4,49

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimentos sobre locais não aquecidos	24,57	0,50	12,29
Fachada com Pavimentos Intermédios	31,07	0,10	3,11
Duas Paredes Verticais	7,80	0,15	1,17
Caixa de estore	9,60	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	24,10	0,20	4,82
Fachada com Varanda	17,05	0,40	6,82
	114,19	TOTAL	28,20

Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	72,25
--------------	--------------

Folha de cálculo FC IV.1b

Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,54	0,60	3,67
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,70	0,60	1,05
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,22	0,68	0,30	1,68
Parede interior (hall e quarto 1.5 com patim)	15,96	0,54	0,30	2,57
Ponte térmica plana (hall com patim)	1,17	0,70	0,30	0,25
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	41,03		TOTAL	10,56

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Quartos, hall e sala	70,47	0,47	0,30	9,96
Instalações sanitárias e cozinha	16,39	0,49	0,30	2,43
	86,86		TOTAL	12,38

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	22,95
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV. 1c

Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	6,56	2,7	17,71
Alçado Oeste - Cozinha	2,90	2,7	7,83
Alçado Oeste - Suite	3,10	2,7	8,37
Alçado Este - I.S. 1.8	1,90	3,7	7,03
Alçado Este - Quarto 1.6	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Quarto 1.5	1,50	2,7	4,05
	17,46	TOTAL	49,04

$$A_{env} / A_p = 18,1\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento		<input type="text" value="96,3"/>	(m ²)
		x	
Pé-direito médio		<input type="text" value="2,6"/>	(m)
		=	
Volume interior	(V)	<input type="text" value="250,4"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumprir a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição (Ver Quadro IV.2)	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="250,35"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="51,07"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e

Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	3,28	0,56	0,63	0,46	0,70	0,90	0,35
Oeste - Sala drt	Duplo	3,16	0,56	0,63	0,45	0,70	0,90	0,34
Oeste - Cozinha	Duplo	2,90	0,56	0,63	0,37	0,70	0,90	0,31
Oeste - Suite	Duplo	3,10	0,56	0,63	0,43	0,70	0,90	0,33
Este - I.S. 1.8	Duplo	1,90	0,56	0,63	0,58	0,70	0,90	0,24
Este - Quarto 1.6	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,43	0,70	0,90	0,16
Este - Quarto 1.5	Duplo	7,28	0,56	0,63	0,43	0,70	0,90	0,78
								0,00
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,52

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sol})

na zona **I1** do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

108

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

6

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1632,10

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	6,00	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	96,29	(m ²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	1663,89	(kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,97

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos	3295,99
Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)	6609,23

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	64,13
Coberturas exteriores	0,00
Pavimentos exteriores	9,43
Envidraçados exteriores	17,46
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	16,47
Coberturas interiores	0,00
Pavimentos interiores	26,06
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	133,55
	/
Volume (de FCIV.1d):	250,35
	=
FF	0,53

Graus-dias no local

(°C.dia)

(do Quadro III.1)

1410

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	60,20
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		61,94
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		67,72
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		101,13

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m2.ano)

61,94

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	72,25
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	22,95
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	49,04
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	51,07

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	195,31
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1410,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	6609,23
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	3204,62
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	3404,62
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	96,29
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	35,36
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	61,94

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

57,1%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	39,55	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	4,49	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	49,04	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	51,07	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	144,16	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	144,16	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	844,19	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (<i>inclui paredes e cobertura</i>)							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	30,00	1,38	9,56	13,36	3,67	2,71	3,47
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,59	0,59	0,59	0,59	0,75	0,75	0,75
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	7,12	0,33	2,27	3,17	1,10	0,81	1,04
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	210	400	460	460	210	460	460
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	59,77	5,23	41,70	58,28	9,23	14,90	19,08
							TOTAL
							208,19 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Cozi- nha	W Suite	E I.S. 1.8	E Qua 1.6	E Qua 1.5
Área, A (m ²)	3,28	3,16	2,90	3,10	1,90	1,50	7,28
	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,77	0,73	0,65	0,87	0,86	0,64	0,71
	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,43	0,39	0,32	0,46	0,28	0,16	0,89
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	460	460	460	460	460	460	460
	=	=	=	=	=	=	=
	TOTAL						
	L						
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	199,36	180,48	149,32	212,59	128,80	75,67	407,43
							1353,66 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	96,29	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	1127,75	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	1353,66	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	208,19	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1127,75	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	2689,60	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2689,60	(kWh)
Perdas Térmicas Totais (FCV.1a)	844,19	(kWh)
Relação Ganhos-Perdas	3,186013	
Inércia do edifício (In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	3	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	1 - 0,31 =	
	0,69	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2689,60	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	1849,88	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	(Ev=Pv \times 24 \times 0,03 \times 4(kWh))
	=	
TOTAL	1849,88	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)	96,29	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	19,21	(kWh/m ² .ano)
	\leq	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	32	(kWh/m ² .ano)

Verifica

O.K.

Nvc/Nv (%) =

60,0%

Cálculo intermédio:		
a = 4,2		
$\gamma = 1$	$\eta =$	0,81
$\gamma \neq 1$	$\eta =$	0,31

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	4,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3056,51	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	1965,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	14,86	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	49,13	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	61,94	
Nic (kW.h/m ² .ano)	35,36	
Nv (kW.h/m ² .ano)	32	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	19,21	
Na (kW.h/m ² .ano)	49,13	
Nac (kW.h/m ² .ano)	14,86	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
Ntc

2,49

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, Nt

7,48

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

33,3%

A

- Zona 1 – Solução 2 - Caso 1 – Piso 3

Folha de cálculo FC IV. 1a

Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores (incluindo pontes térmicas planas)	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	25,60	0,59	15,18
Alçado Sul	1,38	0,59	0,82
Alçado Este	10,99	0,59	6,52
Alçado Oeste	11,07	0,59	6,56
Alçado Norte - Ptp	3,98	0,75	2,98
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,75	0,00
Alçado Este - Ptp	3,61	0,75	2,70
Alçado Oeste - Ptp	0,70	0,75	0,52
	57,33	TOTAL	35,28

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimento Intermédio	41,60	0,10	4,16
Fachada com Varanda	22,68	0,40	9,07
Duas Paredes Verticais	5,20	0,15	0,78
Caixa de estore	10,95	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	27,38	0,20	5,48
	107,81	TOTAL	19,49

**Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	54,77
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,54	0,60	3,67
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,70	0,60	1,05
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,32	0,68	0,30	1,70
Parede interior (hall e cozinha com patim)	11,22	0,68	0,30	2,30
Ponte térmica plana (cozinha com patim)	1,77	0,70	0,30	0,37
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	37,00		TOTAL	10,44

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	10,44
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV. 1c
Perdas associadas aos vão envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	12,10	2,7	32,67
Alçado Oeste - Suite	2,72	2,7	7,34
Alçado Oeste - Quarto 3.8	2,40	2,7	6,48
Alçado Norte - I.S. 3.9	1,23	3,7	4,55
Alçado Este - Quarto 3.6	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Quarto 3.5	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Cozinha	4,08	2,7	11,02
	25,53	TOTAL	70,16

$$A_{env} / A_p = 22,8\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	111,8	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	2,6	(m)
	=	
Volume interior (V)	290,7	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição (Ver Quadro IV.2)	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	290,65	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	0,60	
	x	
	0,34	
	=	
TOTAL	59,29	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e

Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	3,14	0,56	0,63	0,41	0,70	0,90	0,34
Oeste - Sala drt	Duplo	8,84	0,56	0,63	0,47	0,70	0,90	0,93
Oeste - Suíte	Duplo	2,72	0,56	0,63	0,52	0,70	0,90	0,32
Oeste - Quarto 3.8	Duplo	2,40	0,56	0,63	0,32	0,70	0,90	0,26
Norte - I.S. 3.9	Duplo	1,23	0,27	0,63	0,52	0,70	0,90	0,13
Este - Quarto 3.6	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,55	0,70	0,90	0,18
Este - Quarto 3.5	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,38	0,70	0,90	0,16
Este - Cozinha	Duplo	4,08	0,56	0,63	0,38	0,70	0,90	0,44
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,75

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona **II** do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

108

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

6

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1784,14

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)

4 (W/m²)

x

Duração da Estação de Aquecimento

6,00 (meses)

x

Área Útil de pavimento

111,79 (m²)

x

0,72

=

Ganhos Internos Brutos

1931,73 (kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,96

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos	3715,87
Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)	6587,47

Inércia do edifício:

3

a =

4,2

$\gamma =$

0,56

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

0,96

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

3715,87

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

3561,77

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	57,33
Coberturas exteriores	0,00
Pavimentos exteriores	0,00
Envidraçados exteriores	25,53
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	15,26
Coberturas interiores	0,00
Pavimentos interiores	0,00
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	98,13
	/
Volume (de FCIV.1d):	290,65
	=
FF	0,34

Graus-dias no local
(°C.dia)

(do Quadro III.1)

1410

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	60,20
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		51,72
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		58,58
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		101,13

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m².ano)

60,20

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	54,77
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	10,44
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	70,16
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	59,29

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	194,67
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1410,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	6587,47
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	3561,77
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	3025,70
	/
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,79
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m ² .ano)	27,07
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m ² .ano)	60,20

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

45,0%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	35,28	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	70,16	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	59,29	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	164,74	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	164,74	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	964,71	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	25,60	1,38	10,99	11,07	3,98	3,61	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,59	0,59	0,59	0,59	0,75	0,75	0,75
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	6,07	0,33	2,61	2,63	1,19	1,08	0,21
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	210	400	460	460	210	460	460
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	51,01	5,23	47,97	48,31	10,00	19,89	3,86
	TOTAL						
	186,27 (kWh)						

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Suite	W Qua 3.8	N I.S. 3.9	E Qua 3.6	E Qua 3.5	E Cozinha
Área, A (m ²)	3,14	8,84	2,72	2,40	1,23	1,50	1,50	4,08
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,71	0,77	0,97	0,64	1,00	0,97	0,65	0,74
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,38	1,16	0,45	0,26	0,20	0,25	0,17	0,52
	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	460	460	460	460	210	460	460	460
	=	=	=	=	=	=	=	=
TOTAL								
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	175,86	535,27	207,97	120,41	41,66	114,69	77,19	237,06
								1510,11
								(KW h)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	111,79	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	1309,28	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	1510,11	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	186,27	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1309,28	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	3005,67	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 3005,67 (kWh)
(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 964,71 (kWh)
(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 3,11563

Inércia do edifício *(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)* 3

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,32	
	=	
	0,68	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	3005,67	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	2046,51	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	(Ev=Pvx24x0,03x4(kWh))
	=	
TOTAL	2046,51	(kWh/ano)
	/	6587,47
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,79	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	18,31	(kWh/m².ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	32	(kWh/m².ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 57,2%

Cálculo intermédio:
a = 4,2
 $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81
 $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,32

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	2495,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	15,66	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	52,89	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	60,20	
Nic (kW.h/m ² .ano)	27,07	
Nv (kW.h/m ² .ano)	32	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	18,31	
Na (kW.h/m ² .ano)	52,89	
Nac (kW.h/m ² .ano)	15,66	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
Ntc

2,31

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, Nt

7,97

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

29,0%

A

- Zona 1 – Solução 2 - Caso 1 – Piso 4

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	25,60	0,59	15,18
Alçado Sul	1,38	0,59	0,82
Alçado Este	8,67	0,59	5,14
Alçado Oeste	11,07	0,59	6,56
Alçado Norte - Ptp	3,98	0,75	2,98
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,75	0,00
Alçado Este - Ptp	3,61	0,75	2,70
Alçado Oeste - Ptp	0,70	0,75	0,52
	55,01	TOTAL	33,91

Coberturas Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Cobertura	114,97	0,38	43,20
	114,97	TOTAL	43,20

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimento Intermédio	19,08	0,10	1,91
Fachada com Terraço	31,62	0,55	17,39
Fachada com Varanda	26,12	0,40	10,45
Duas Paredes Verticais	5,20	0,15	0,78
Caixa de estore	10,92	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	27,32	0,20	5,46
	120,25	TOTAL	35,99

**Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	113,10
--------------	--------

Folha de cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,54	0,60	3,67
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,70	0,60	1,05
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,06	0,68	0,30	1,65
Parede interior (hall e cozinha com patim)	11,22	0,54	0,30	1,81
Ponte térmica plana (cozinha com patim)	1,77	0,70	0,30	0,37
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	36,74		TOTAL	9,90

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Hall	1,76	0,38	0,30	0,20
	1,76		TOTAL	0,20

**Perdas pela envolvente interior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	10,10
--------------	--------------

Folha de cálculo FC IV. 1c
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	12,10	2,7	32,67
Alçado Oeste - Suite	2,72	2,7	7,34
Alçado Oeste - Quarto 4.8	2,40	2,7	6,48
Alçado Norte - I.S. 4.9	1,23	3,7	4,55
Alçado Este - Quarto 4.6	3,82	2,7	10,31
Alçado Este - Quarto 4.5	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Cozinha	4,08	2,7	11,02
	27,85	TOTAL	76,43

$$A_{env} / A_p = 24,9\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="111,9"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="290,9"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="290,89"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="59,34"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	6,05	0,56	0,63	0,53	0,70	0,90	0,71
Oeste - Sala drt	Duplo	5,82	0,56	0,63	0,52	0,70	0,90	0,67
Oeste - Suite	Duplo	2,72	0,56	0,63	0,52	0,70	0,90	0,32
Oeste - Quarto 4.8	Duplo	2,40	0,56	0,63	0,42	0,70	0,90	0,26
Norte - I.S. 4.9	Duplo	1,23	0,27	0,63	0,52	0,70	0,90	0,13
Este - Quarto 4.6 esq	Duplo	0,94	0,56	0,63	0,58	0,70	0,90	0,12
Este - Quarto 4.6 drt	Duplo	1,00	0,56	0,63	0,50	0,70	0,90	0,11
Este - Quarto 4.5	Duplo	3,82	0,56	0,63	0,39	0,70	0,90	0,41
Este - Cozinha	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,40	0,70	0,90	0,16
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,89

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (Gsul)

na zona II do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

108

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

6

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1874,48

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	6,00	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	111,88	(m ²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	1933,29	(kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,98

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

3807,76
8763,13

Inércia do edifício:

3

a =

4,2

$\gamma =$

0,43

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

0,98

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

3807,76

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

3741,93

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	55,01
Coberturas exteriores	114,97
Pavimentos exteriores	0,00
Envidraçados exteriores	27,85
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	15,19
Coberturas interiores	0,53
Pavimentos interiores	0,00
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	213,55
	/
Volume (de FCIV.1d):	290,89
	=
FF	0,73

Graus-dias no local

(°C.dia)

(do Quadro III.1)

1410

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	60,20
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		72,41
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		76,26
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		101,13

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m2.ano)

72,41

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	113,10
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	10,10
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	76,43
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	59,34

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	258,96
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1410,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	8763,13
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	3741,93
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	5021,21
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	111,88
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	44,88
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	72,41

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

62,0%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	33,91	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	43,20	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	76,43	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	59,34	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	212,87	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	212,87	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	1246,58	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL <i>(inclui paredes e cobertura)</i>							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	25,60	1,38	8,67	11,07	3,98	3,61	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,59	0,59	0,59	0,59	0,75	0,75	0,75
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
α.U.A (W/°C)	6,07	0,33	2,06	2,63	1,19	1,08	0,21
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	210	400	460	460	210	460	460
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	51,01	5,23	37,84	48,31	10,00	19,89	3,86
							TOTAL
							176,15 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Suite	W Qua 4.8	N I.S. 4.9	E Qua 4.6 e	E Qua 4.6 d	E Qua 4.5	E Cozi- nha
Área, A (m ²)	6,05	5,82	2,72	2,40	1,23	0,94	1,00	3,82	1,50
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (<i>protecção solar activada a 70%</i>)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,71	0,70	0,97	0,95	1,00	0,79	0,84	0,65	0,737
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectivi- dade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,74	0,70	0,45	0,39	0,20	0,13	0,14	0,43	0,19
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	460	460	460	460	210	460	460	460	460
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidra- çados Exteriores	340,76	319,79	207,97	179,72	41,66	58,66	65,84	196,57	87,15
									TOTAL
									1498,12 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	111,88	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	1310,34	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	1498,12	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	176,15	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1310,34	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	2984,60	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 2984,60 (kWh)
(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 1246,58 (kWh)
(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 2,394233

Inércia do edifício *(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)* 3

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,41	
	=	
	0,59	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2984,60	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	1756,78	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	($E_v = P_v \times 24 \times 0,03 \times 4$ (kWh))
	=	
TOTAL	1756,78	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,88	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	15,70	(kWh/m².ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	32	(kWh/m².ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 49,1%

Cálculo intermédio:

a = 4,2
 $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81
 $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,41

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	2495,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	15,64	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	52,85	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	72,41	
Nic (kW.h/m ² .ano)	44,88	
Nv (kW.h/m ² .ano)	32	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	15,70	
Na (kW.h/m ² .ano)	52,85	
Nac (kW.h/m ² .ano)	15,64	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
Ntc

2,80

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, Nt

8,07

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

34,7%

A

- Zona 1 – Solução 3 – Caso 1 – Piso 1

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	30,00	1,07	32,03
Alçado Sul	1,38	1,07	1,47
Alçado Este	9,56	1,07	10,20
Alçado Oeste	13,36	1,07	14,26
Alçado Norte - Ptp	3,67	0,93	3,41
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,93	0,00
Alçado Este - Ptp	2,71	0,93	2,51
Alçado Oeste - Ptp	3,47	0,93	3,22
	64,13	TOTAL	67,11

Pavimentos Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Sala + Suite	7,23	0,47	3,40
I.S. 1.8	2,20	0,49	1,09
	9,43	TOTAL	4,49

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimentos sobre locais não aquecidos	24,57	0,50	12,29
Fachada com Pavimentos Intermédios	31,07	0,10	3,11
Duas Paredes Verticais	7,80	0,15	1,17
Caixa de estore	9,60	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	24,10	0,20	4,82
Fachada com Varanda	17,05	0,40	6,82
	114,19	TOTAL	28,20

**Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	99,81
--------------	--------------

Folha de cálculo FC IV.1b

Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	1,56	0,60	10,64
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,72	0,60	1,07
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,22	0,68	0,30	1,68
Parede interior (hall e quarto 1.5 com patim)	15,96	1,56	0,30	7,46
Ponte térmica plana (hall com patim)	1,17	0,70	0,30	0,25
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	41,03		TOTAL	22,45

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Quartos, hall e sala	70,47	0,47	0,30	9,96
Instalações sanitárias e cozinha	16,39	0,49	0,30	2,43
	86,86		TOTAL	12,38

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	34,83
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV. 1c

Perdas associadas aos vão envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	6,56	2,7	17,71
Alçado Oeste - Cozinha	2,90	2,7	7,83
Alçado Oeste - Suite	3,10	2,7	8,37
Alçado Este - I.S. 1.8	1,90	3,7	7,03
Alçado Este - Quarto 1.6	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Quarto 1.5	1,50	2,7	4,05
	17,46	TOTAL	49,04

$$A_{env} / A_p = 18,1\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="96,3"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="250,4"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="250,35"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="51,07"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	3,28	0,56	0,63	0,46	0,70	0,90	0,35
Oeste - Sala drt	Duplo	3,16	0,56	0,63	0,45	0,70	0,90	0,34
Oeste - Cozinha	Duplo	2,90	0,56	0,63	0,37	0,70	0,90	0,31
Oeste - Suite	Duplo	3,10	0,56	0,63	0,43	0,70	0,90	0,33
Este - I.S. 1.8	Duplo	1,90	0,56	0,63	0,58	0,70	0,90	0,24
Este - Quarto 1.6	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,43	0,70	0,90	0,16
Este - Quarto 1.5	Duplo	7,28	0,56	0,63	0,43	0,70	0,90	0,78
								0,00
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,52

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona II do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

108

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

6

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1632,10

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3) 4 (W/m²)

x

Duração da Estação de Aquecimento 6,00 (meses)

x

Área Útil de pavimento 96,29 (m²)

x

0,72

=

Ganhos Internos Brutos 1663,89 (kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,99

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

3295,99
7944,09

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	64,13
Coberturas exteriores	0,00
Pavimentos exteriores	9,43
Envidraçados exteriores	17,46
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	16,47
Coberturas interiores	0,00
Pavimentos interiores	26,06
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	133,55
	/
Volume (de FCIV.1d):	250,35
	=
FF	0,53

Graus-dias no local

(°C.dia)

(do Quadro III.1)

1410

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	60,20
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		61,94
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		67,72
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		101,13

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m2.ano)

61,94

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	99,81
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	34,83
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	49,04
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	51,07

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	234,75
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1410,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	7944,09
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	3247,56
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	4696,53
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	96,29
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	48,77
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	61,94

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

78,7%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	67,11	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	4,49	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	49,04	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	51,07	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	171,72	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	171,72	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	1005,58	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (*inclui
paredes e cobertura*)

	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
Orientação	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	30,00	1,38	9,56	13,36	3,67	2,71	3,47
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	1,07	1,07	1,07	1,07	0,93	0,93	0,93
	x	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	12,81	0,59	4,08	5,70	1,36	1,01	1,29
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	210	400	460	460	210	460	460
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	107,63	9,42	75,10	104,97	11,46	18,50	23,69
	TOTAL						350,77 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Cozinha	W Suite	E I.S. 1.8	E Qua 1.6	E Qua 1.5
Área, A (m ²)	3,28	3,16	2,90	3,10	1,90	1,50	7,28
	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,77	0,73	0,65	0,87	0,86	0,64	0,71
	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,43	0,39	0,32	0,46	0,28	0,16	0,89
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	460	460	460	460	460	460	460
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	199,36	180,48	149,32	212,59	128,80	75,67	407,43
TOTAL							1353,66 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e
Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/>	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	<input type="text" value="96,29"/>	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	<input type="text" value="1127,75"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f
Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	<input type="text" value="1353,66"/>	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	<input type="text" value="350,77"/>	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	<input type="text" value="1127,75"/>	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	<input type="text" value="2832,17"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 2832,17 (kWh)
(FCV.1f)

Perdas Térmicas Totais 1005,58 (kWh)
(FCV.1a)

Relação Ganhos-Perdas 2,81645

Inércia do edifício 3
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,35	
	=	
	0,65	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2832,17	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	1835,01	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	(Ev=Pvx24x0,03x4(kWh))
	=	
TOTAL	1835,01	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)	96,29	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	19,06	(kWh/m².ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	32	(kWh/m².ano)

Verifica O.K.

Nvc/Nv (%) = 59,6%

Cálculo intermédio:		
a = 4,2		
$\gamma = 1$	$\eta =$	0,81
$\gamma \neq 1$	$\eta =$	0,35

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	4,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3056,51	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	1965,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	14,86	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	49,13	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	61,94	
Nic (kW.h/m ² .ano)	48,77	
Nv (kW.h/m ² .ano)	32	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	19,06	
Na (kW.h/m ² .ano)	49,13	
Nac (kW.h/m ² .ano)	14,86	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária, Ntc

2,88

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, Nt

7,48

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

38,5%

A

- Zona 1 – Solução 3 - Caso 1 – Piso 3

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	25,60	1,07	27,34
Alçado Sul	1,38	1,07	1,47
Alçado Este	10,99	1,07	11,74
Alçado Oeste	11,07	1,07	11,82
Alçado Norte - Ptp	3,98	0,93	3,70
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,93	0,00
Alçado Este - Ptp	3,61	0,93	3,36
Alçado Oeste - Ptp	0,70	0,93	0,65
	57,33	TOTAL	60,07

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimento Intermédio	41,60	0,10	4,16
Fachada com Varanda	22,68	0,40	9,07
Duas Paredes Verticais	5,20	0,15	0,78
Caixa de estore	10,95	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	27,38	0,20	5,48
	107,81	TOTAL	19,49

Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	79,56
--------------	--------------

Folha de cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	1,56	0,60	10,64
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,72	0,60	1,07
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,32	0,68	0,30	1,70
Parede interior (hall e cozinha com patim)	11,22	0,68	0,30	2,30
Ponte térmica plana (cozinha com patim)	1,77	0,72	0,30	0,38
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	37,00		TOTAL	17,45

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	17,45
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV. 1c
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	12,10	2,7	32,67
Alçado Oeste - Suite	2,72	2,7	7,34
Alçado Oeste - Quarto 3.8	2,40	2,7	6,48
Alçado Norte - I.S. 3.9	1,23	3,7	4,55
Alçado Este - Quarto 3.6	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Quarto 3.5	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Cozinha	4,08	2,7	11,02
	25,53	TOTAL	70,16

$$A_{env} / A_p = 22,8\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="111,8"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="290,7"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="290,65"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="59,29"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	3,14	0,56	0,63	0,41	0,70	0,90	0,34
Oeste - Sala drt	Duplo	8,84	0,56	0,63	0,47	0,70	0,90	0,93
Oeste - Suite	Duplo	2,72	0,56	0,63	0,52	0,70	0,90	0,32
Oeste - Quarto 3.8	Duplo	2,40	0,56	0,63	0,32	0,70	0,90	0,26
Norte - I.S. 3.9	Duplo	1,23	0,27	0,63	0,52	0,70	0,90	0,13
Este - Quarto 3.6	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,55	0,70	0,90	0,18
Este - Quarto 3.5	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,38	0,70	0,90	0,16
Este - Cozinha	Duplo	4,08	0,56	0,63	0,38	0,70	0,90	0,44
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,75

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona II do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

108

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

6

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1784,14

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3) 4 (W/m²)

x

Duração da Estação de Aquecimento 6,00 (meses)

x

Área Útil de pavimento 111,79 (m²)

x

0,72

=

Ganhos Internos Brutos 1931,73 (kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,97

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

3715,87
7663,50

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	57,33
Coberturas exteriores	0,00
Pavimentos exteriores	0,00
Envidraçados exteriores	25,53
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	15,26
Coberturas interiores	0,00
Pavimentos interiores	0,00
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	98,13
	/
Volume (de FCIV.1d):	290,65
	=
FF	0,34

Graus-dias no local

(°C.dia)

(do Quadro III.1)

1410

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	60,20
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		51,72
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		58,58
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		101,13

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m2.ano)

60,20

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	79,56
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	17,45
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	70,16
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	59,29

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	226,46
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1410,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	7663,50
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	3622,15
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	4041,34
	/
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,79
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m ² .ano)	36,15
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m ² .ano)	60,20

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

60,1%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	60,07	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	70,16	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	59,29	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	189,53	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	189,53	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	1109,87	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (*inclui paredes e cobertura*)

	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
Orientação	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	25,60	1,38	10,99	11,07	3,98	3,61	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	1,07	1,07	1,07	1,07	0,93	0,93	0,93
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	10,94	0,59	4,70	4,73	1,48	1,34	0,26
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	210	400	460	460	210	460	460
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	91,86	9,42	86,39	87,01	12,42	24,70	4,79
	TOTAL						316,58 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Suite	W Qua 3.8	N I.S. 3.9	E Qua 3.6	E Qua 3.5	E Cozi- nha
Área, A (m ²)	3,14	8,84	2,72	2,40	1,23	1,50	1,50	4,08
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,71	0,77	0,97	0,64	1,00	0,97	0,65	0,74
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,38	1,16	0,45	0,26	0,20	0,25	0,17	0,52
	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	460	460	460	460	210	460	460	460
	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	175,86	535,27	207,97	120,41	41,66	114,69	77,19	237,06
								TOTAL
								1510,11 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	111,79	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	1309,28	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	1510,11	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	316,58	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1309,28	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	3135,98	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 3135,98 (kWh)
(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 1109,87 (kWh)
(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 2,825527

Inércia do edifício *(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)* 3

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,35	
	=	
	0,65	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	3135,98	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	2035,28	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	(Ev=Pvx24x0,03x4(kWh))
	=	
TOTAL	2035,28	(kWh/ano)
	/	7663,50
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,79	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	18,21	(kWh/m².ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	32	(kWh/m².ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 56,9%

Cálculo intermédio:

a = 4,2
 $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81
 $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,35

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	2495,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	15,66	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	52,89	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	60,20	
Nic (kW.h/m ² .ano)	36,15	
Nv (kW.h/m ² .ano)	32	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	18,21	
Na (kW.h/m ² .ano)	52,89	
Nac (kW.h/m ² .ano)	15,66	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
Ntc

2,57

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, Nt

7,97

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

32,3%

A

- Zona 1 – Solução 3 - Caso 1 – Piso 4

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	25,60	1,07	27,34
Alçado Sul	1,38	1,07	1,47
Alçado Este	8,67	1,07	9,26
Alçado Oeste	11,07	1,07	11,82
Alçado Norte - Ptp	3,98	0,93	3,70
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,93	0,00
Alçado Este - Ptp	3,61	0,93	3,36
Alçado Oeste - Ptp	0,70	0,93	0,65
	55,01	TOTAL	57,60

Coberturas Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Cobertura	114,97	0,38	43,20
	114,97	TOTAL	43,20

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimento Intermédio	19,08	0,10	1,91
Fachada com Terraço	31,62	0,55	17,39
Fachada com Varanda	26,12	0,40	10,45
Duas Paredes Verticais	5,20	0,15	0,78
Caixa de estore	10,92	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	27,32	0,20	5,46
	120,25	TOTAL	35,99

Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	136,78
--------------	--------

Folha de cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	1,56	0,60	10,64
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,72	0,60	1,07
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,06	0,68	0,30	1,65
Parede interior (hall e cozinha com patim)	11,22	1,56	0,30	5,25
Ponte térmica plana (cozinha com patim)	1,77	0,72	0,30	0,38
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	36,74		TOTAL	20,34

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Hall	1,76	0,38	0,30	0,20
	1,76		TOTAL	0,20

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	20,54
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV. 1c
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	12,10	2,7	32,67
Alçado Oeste - Suite	2,72	2,7	7,34
Alçado Oeste - Quarto 4.8	2,40	2,7	6,48
Alçado Norte - I.S. 4.9	1,23	3,7	4,55
Alçado Este - Quarto 4.6	3,82	2,7	10,31
Alçado Este - Quarto 4.5	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Cozinha	4,08	2,7	11,02
	27,85	TOTAL	76,43

Aenv / Ap = 24,9%

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="111,9"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="290,9"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore (S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4) <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap? (S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas? (S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="290,89"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="59,34"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	6,05	0,56	0,63	0,53	0,70	0,90	0,71
Oeste - Sala drt	Duplo	5,82	0,56	0,63	0,52	0,70	0,90	0,67
Oeste - Suite	Duplo	2,72	0,56	0,63	0,52	0,70	0,90	0,32
Oeste - Quarto 4.8	Duplo	2,40	0,56	0,63	0,42	0,70	0,90	0,26
Norte - I.S. 4.9	Duplo	1,23	0,27	0,63	0,52	0,70	0,90	0,13
Este - Quarto 4.6 esq	Duplo	0,94	0,56	0,63	0,58	0,70	0,90	0,12
Este - Quarto 4.6 drt	Duplo	1,00	0,56	0,63	0,50	0,70	0,90	0,11
Este - Quarto 4.5	Duplo	3,82	0,56	0,63	0,39	0,70	0,90	0,41
Este - Cozinha	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,40	0,70	0,90	0,16
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,89

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona II do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

108

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

6

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1874,48

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	6,00	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	111,88	(m ²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	1933,29	(kWh/ano)

Cálculo intermédio:		
Se $\gamma = 1$	$\eta =$	0,81
Se $\gamma \neq 1$	$\eta =$	0,99

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

3807,76
9918,19

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	55,01
Coberturas exteriores	114,97
Pavimentos exteriores	0,00
Envidraçados exteriores	27,85
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	15,19
Coberturas interiores	0,53
Pavimentos interiores	0,00
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	213,55
	/
Volume (de FCIV.1d):	290,89
	=
FF	0,73

Graus-dias no local
(°C.dia) (do Quadro III.1) 1410

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	60,20
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		72,41
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		76,26
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		101,13

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m2.ano) 72,41

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	136,78
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	20,54
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	76,43
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	59,34

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	293,09
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1410,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	9918,19
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	3765,39
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	6152,80
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	111,88
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	54,99
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	72,41

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

76,0%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	57,60	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	43,20	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	76,43	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	59,34	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	236,56	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	236,56	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	1385,30	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (<i>inclui paredes e cobertura</i>)							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	25,60	1,38	8,67	11,07	3,98	3,61	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	1,07	1,07	1,07	1,07	0,93	0,93	0,93
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	10,94	0,59	3,70	4,73	1,48	1,34	0,26
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	210	400	460	460	210	460	460
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	91,86	9,42	68,16	87,01	12,42	24,70	4,79
							TOTAL
							298,35 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Suite	W Qua 4.8	N I.S. 4.9	E Qua 4.6 e	E Qua 4.6 d	E Qua 4.5	E Cozi- nha
Área, A (m ²)	6,05	5,82	2,72	2,40	1,23	0,94	1,00	3,82	1,50
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,71	0,70	0,97	0,95	1,00	0,79	0,84	0,65	0,74
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectivi- dade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,74	0,70	0,45	0,39	0,20	0,13	0,14	0,43	0,19
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	460	460	460	460	210	460	460	460	460
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidra- çados Exteriores	340,76	319,79	207,97	179,72	41,66	58,66	65,84	196,57	87,15
									TOTAL
									1498,12 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	111,88	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	1310,34	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	1498,12	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	298,35	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1310,34	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	3106,80	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 3106,80 (kWh)
(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 1385,30 (kWh)
(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 2,242702

Inércia do edifício 3
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,44	
	=	
	0,56	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	3106,80	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	1747,72	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	($E_v = P_v \times 24 \times 0,03 \times 4$ (kWh))
	=	
TOTAL	1747,72	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,88	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	15,62	(kWh/m ² .ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	32	(kWh/m ² .ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 48,8%

Cálculo intermédio:

a = 4,2
 $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81
 $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,44

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	2495,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	15,64	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	52,85	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	72,41	
Nic (kW.h/m ² .ano)	54,99	
Nv (kW.h/m ² .ano)	32	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	15,62	
Na (kW.h/m ² .ano)	52,85	
Nac (kW.h/m ² .ano)	15,64	
ηi	1	Art. 18.º - ponto 2
ηv	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
Ntc

3,09

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, Nt

8,07

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

38,3%

A

- Zona 2 – Solução 1 - Caso 1 – Piso 1

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	30,00	0,57	17,12
Alçado Sul	1,38	0,57	0,79
Alçado Este	9,56	0,57	5,45
Alçado Oeste	13,36	0,57	7,62
Alçado Norte - Ptp	3,67	0,75	2,74
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,75	0,00
Alçado Este - Ptp	2,71	0,75	2,02
Alçado Oeste - Ptp	3,47	0,75	2,58
	64,13	TOTAL	38,32

Pavimentos Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Sala + Suite	7,23	0,60	4,37
I.S. 1.8	2,20	0,66	1,44
	9,43	TOTAL	5,81

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimentos sobre locais não aquecidos	24,57	0,50	12,29
Fachada com Pavimentos Intermédios	31,07	0,10	3,11
Duas Paredes Verticais	7,80	0,15	1,17
Caixa de estore	9,60	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	24,10	0,20	4,82
Fachada com Varanda	17,05	0,40	6,82
	114,19	TOTAL	28,20

**Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	72,34
--------------	--------------

Folha de cálculo FC IV.1b

Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,54	0,60	3,67
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,70	0,60	1,05
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,22	0,68	0,30	1,68
Parede interior (hall e quarto 1.5 com patim)	15,96	0,54	0,30	2,57
Ponte térmica plana (hall com patim)	1,17	0,70	0,30	0,25
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	41,03		TOTAL	10,56

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Quartos, hall e sala	70,47	0,60	0,30	12,79
Instalações sanitárias e cozinha	16,39	0,66	0,30	3,22
	86,86		TOTAL	16,01

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	26,58
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV. 1c

Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	6,56	2,7	17,71
Alçado Oeste - Cozinha	2,90	2,7	7,83
Alçado Oeste - Suite	3,10	2,7	8,37
Alçado Este - I.S. 1.8	1,90	3,7	7,03
Alçado Este - Quarto 1.6	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Quarto 1.5	1,50	2,7	4,05
	17,46	TOTAL	49,04

$$A_{env} / A_p = 18,1\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="96,3"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="250,4"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1 RPH= <input type="text" value="0,6"/>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="250,35"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="51,07"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e

Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	3,28	0,56	0,63	0,46	0,70	0,90	0,35
Oeste - Sala drt	Duplo	3,16	0,56	0,63	0,45	0,70	0,90	0,34
Oeste - Cozinha	Duplo	2,90	0,56	0,63	0,37	0,70	0,90	0,31
Oeste - Suite	Duplo	3,10	0,56	0,63	0,43	0,70	0,90	0,33
Este - I.S. 1.8	Duplo	1,90	0,56	0,63	0,58	0,70	0,90	0,24
Este - Quarto 1.6	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,43	0,70	0,90	0,16
Este - Quarto 1.5	Duplo	7,28	0,56	0,63	0,43	0,70	0,90	0,78
								0,00
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,52

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona I3 do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

90

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

7,7

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1745,44

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3) 4 (W/m²)

x

Duração da Estação de Aquecimento 7,70 (meses)

x

Área Útil de pavimento 96,29 (m²)

x

0,72

=

Ganhos Internos Brutos 2135,33 (kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 1,00

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

3880,76
13470,45

Inércia do edifício:

3

a =

4,2

$\gamma =$

0,29

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

1,00

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

3880,76

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

3865,90

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	64,13
Coberturas exteriores	0,00
Pavimentos exteriores	9,43
Envidraçados exteriores	17,46
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	16,47
Coberturas interiores	0,00
Pavimentos interiores	26,06
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	133,55
	/
Volume (de FCIV.1d):	250,35
	=
FF	0,53

Graus-dias no local (°C.dia)	(do Quadro III.1)	2820
--	-------------------	------

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	115,89
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		119,38
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		130,52
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		198,21

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	119,38
---	--------

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	72,34
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	26,58
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	49,04
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	51,07

	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	199,03
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	2820,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	13470,45
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	3865,90
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	9604,55
	/
Área Útil de Pavimento (m ²)	96,29
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m ² .ano)	99,75
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m ² .ano)	119,38

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

83,6%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	38,32	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	5,81	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	49,04	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	51,07	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	144,25	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	144,25	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	2534,19	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (<i>inclui paredes e cobertura</i>)							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	30,00	1,38	9,56	13,36	3,67	2,71	3,47
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,57	0,57	0,57	0,57	0,75	0,75	0,75
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
α.U.A (W/°C)	6,85	0,31	2,18	3,05	1,09	0,81	1,03
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	380	420	420	200	420	420
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0	0,04	0,04	0	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	54,79	4,78	36,65	51,23	8,76	13,55	17,35
							TOTAL
							187,11 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Cozi- nha	W Suite	E I.S. 1.8	E Qua 1.6	E Qua 1.5	
Área, A (m ²)	3,28	3,16	2,90	3,10	1,90	1,50	7,28	
	x	x	x	x	x	x	x	
Factor solar do vão envi- draçado (<i>protecção solar activada a 70%</i>)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	
	x	x	x	x	x	x	x	
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de obstrução, Fs	0,77	0,73	0,65	0,87	0,86	0,64	0,71	
	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	
	=	=	=	=	=	=	=	
Área Efectiva, Ae	0,43	0,39	0,32	0,46	0,28	0,16	0,89	
	x	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	420	420	420	420	420	420	420	
	=	=	=	=	=	=	=	
	TOTA L							
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exte- riores	182,0 3	164,7 8	136,33	194,1 1	117,6 0	69,0 9	372,0 0	1235,95 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	96,29	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	1127,75	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	1235,95	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	187,11	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1127,75	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	2550,81	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g
Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2550,81	(kWh)
Perdas Térmicas Totais (FCV.1a)	2534,19	(kWh)
Relação Ganhos-Perdas	1,006556	
Inércia do edifício (In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	3	

	1	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,81	
	0,19	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2550,81	(kWh)
Necessidades Brutas de Arrefecimento	497,29	(kWh/ano)
Consumo dos ventiladores	0,00	($E_v = P_v \times 24 \times 0,03 \times 4$ (kWh))
TOTAL	497,29	(kWh/ano)
Área Útil de Pavimento (m ²)	96,29	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	5,16	(kWh/m ² .ano)
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº do Artigo 15º)	16	(kWh/m ² .ano)

Verifica O.K.

Nvc/Nv (%) = 32,3%

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	4,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3056,51	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	1847,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	16,09	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	49,13	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	119,38	
Nic (kW.h/m ² .ano)	99,75	
Nv (kW.h/m ² .ano)	16	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	5,16	
Na (kW.h/m ² .ano)	49,13	
Nac (kW.h/m ² .ano)	16,09	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
Ntc

4,33

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, Nt

7,85

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

55,1%

B

- Zona 2 – Solução 1 - Caso 1 – Piso 3

Folha de cálculo FC IV. 1a

Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	25,60	0,57	14,61
Alçado Sul	1,38	0,57	0,79
Alçado Este	10,99	0,57	6,27
Alçado Oeste	11,07	0,57	6,32
Alçado Norte - Ptp	3,98	0,75	2,96
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,75	0,00
Alçado Este - Ptp	3,61	0,75	2,69
Alçado Oeste - Ptp	0,70	0,75	0,52
	57,33	TOTAL	34,17

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimento Intermédio	41,60	0,10	4,16
Fachada com Varanda	22,68	0,40	9,07
Duas Paredes Verticais	5,20	0,15	0,78
Caixa de estore	10,95	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	27,38	0,20	5,48
	107,81	TOTAL	19,49

Perdas pela envolvente exterior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	53,66
--------------	--------------

Folha de cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,54	0,60	3,67
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,70	0,60	1,05
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,32	0,68	0,30	1,70
Parede interior (hall e cozinha com patim)	11,22	0,68	0,30	2,30
Ponte térmica plana (cozinha com patim)	1,77	0,70	0,30	0,37
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	37,00		TOTAL	10,44

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	10,44
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV. 1c
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	12,10	2,7	32,67
Alçado Oeste - Suite	2,72	2,7	7,34
Alçado Oeste - Quarto 3.8	2,40	2,7	6,48
Alçado Norte - I.S. 3.9	1,23	3,7	4,55
Alçado Este - Quarto 3.6	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Quarto 3.5	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Cozinha	4,08	2,7	11,02
	25,53	TOTAL	70,16

$$A_{env} / A_p = 22,8\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="111,8"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="290,7"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="290,65"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="59,29"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	3,14	0,56	0,63	0,41	0,70	0,90	0,34
Oeste - Sala drt	Duplo	8,84	0,56	0,63	0,47	0,70	0,90	0,93
Oeste - Suite	Duplo	2,72	0,56	0,63	0,52	0,70	0,90	0,32
Oeste - Quarto 3.8	Duplo	2,40	0,56	0,63	0,32	0,70	0,90	0,26
Norte - I.S. 3.9	Duplo	1,23	0,27	0,63	0,52	0,70	0,90	0,13
Este - Quarto 3.6	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,55	0,70	0,90	0,18
Este - Quarto 3.5	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,38	0,70	0,90	0,16
Este - Cozinha	Duplo	4,08	0,56	0,63	0,38	0,70	0,90	0,44
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,75

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona 13 do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

90

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

7,7

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1908,04

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	7,70	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	111,79	(m ²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	2479,06	(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	57,33
Coberturas exteriores	0,00
Pavimentos exteriores	0,00
Envidraçados exteriores	25,53
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	15,26
Coberturas interiores	0,00
Pavimentos interiores	0,00
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	98,13
	/
Volume (de FCIV.1d):	290,65
	=
FF	0,34

Graus-dias no local
(°C.dia)

(do Quadro III.1)

2820

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	115,89
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		98,95
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		112,05
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		198,21

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m2.ano)

115,89

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	53,66
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	10,44
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	70,16
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	59,29

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	193,55
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	2820,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	13099,67
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	4357,50
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	8742,17
	/
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,79
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m ² .ano)	78,20
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m ² .ano)	115,89

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

67,5%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	34,17	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	70,16	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	59,29	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	163,63	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	163,63	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	2874,58	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL <i>(inclui paredes e cobertura)</i>							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	25,60	1,38	10,99	11,07	3,98	3,61	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,57	0,57	0,57	0,57	0,75	0,75	0,75
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	5,85	0,31	2,51	2,53	1,19	1,08	0,21
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	380	420	420	200	420	420
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0	0,04	0,04	0	0,04	0
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	46,77	4,78	42,16	42,46	9,49	18,09	3,51
TOTAL							167,25 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Suite	W Qua 3.8	N I.S. 3.9	E Qua 3.6	E Qua 3.5	E Cozi- nha
Área, A (m ²)	3,14	8,84	2,72	2,40	1,23	1,50	1,50	4,08
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,71	0,77	0,97	0,64	1,00	0,97	0,65	0,74
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,38	1,16	0,45	0,26	0,20	0,25	0,17	0,52
	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	420	420	420	420	200	420	420	420
	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	160,57	488,73	189,89	109,94	39,67	104,72	70,47	216,44
								TOTAL
								1380,43 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	111,79	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	1309,28	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	1380,43	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	167,25	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1309,28	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	2856,97	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2856,97	(kWh)
Perdas Térmicas Totais (FCV.1a)	2874,58	(kWh)
Relação Ganhos-Perdas	0,993875	
Inércia do edifício (In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	3	
	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,81	
	=	
	0,19	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2856,97	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	542,35	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	(Ev=Pv x 24 x 0,03 x 4 (kWh))
	=	
TOTAL	542,35	(kWh/ano)
	/	13099,67
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,79	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	4,85	(kWh/m ² .ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	16	(kWh/m ² .ano)

Verifica

O.K.

Nvc/Nv (%) =

30,3%

Cálculo intermédio:		
a = 4,2		
$\gamma = 1$	$\eta =$	0,81
$\gamma \neq 1$	$\eta =$	0,81

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	2344,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	17,01	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	52,89	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	115,89	
Nic (kW.h/m ² .ano)	78,20	
Nv (kW.h/m ² .ano)	16	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	4,85	
Na (kW.h/m ² .ano)	52,89	
Nac (kW.h/m ² .ano)	17,01	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária, Ntc

3,78

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, Nt

8,33

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

45,4%

A

- Zona 2 – Solução 1 - Caso 1 – Piso 4

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	25,60	0,57	14,61
Alçado Sul	1,38	0,57	0,79
Alçado Este	8,67	0,57	4,95
Alçado Oeste	11,07	0,57	6,32
Alçado Norte - Ptp	3,98	0,75	2,96
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,75	0,00
Alçado Este - Ptp	3,61	0,75	2,69
Alçado Oeste - Ptp	0,70	0,75	0,52
	55,01	TOTAL	32,85

Coberturas Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Cobertura	114,97	0,71	81,17
	114,97	TOTAL	81,17

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimento Intermédio	19,08	0,10	1,91
Fachada com Terraço	31,62	0,55	17,39
Fachada com Varanda	26,12	0,40	10,45
Duas Paredes Verticais	5,20	0,15	0,78
Caixa de estore	10,92	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	27,32	0,20	5,46
	120,25	TOTAL	35,99

Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	150,00
--------------	--------

Folha de cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,54	0,60	3,67
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,70	0,60	1,05
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,06	0,68	0,30	1,65
Parede interior (hall e cozinha com patim)	11,22	0,54	0,30	1,81
Ponte térmica plana (cozinha com patim)	1,77	0,70	0,30	0,37
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	36,74		TOTAL	9,90

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Hall	1,76	0,72	0,30	0,38
	1,76		TOTAL	0,38

**Perdas pela envolvente interior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	10,28
--------------	--------------

Folha de cálculo FC IV. 1c
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	12,10	2,7	32,67
Alçado Oeste - Suite	2,72	2,7	7,34
Alçado Oeste - Quarto 4.8	2,40	2,7	6,48
Alçado Norte - I.S. 4.9	1,23	3,7	4,55
Alçado Este - Quarto 4.6	3,82	2,7	10,31
Alçado Este - Quarto 4.5	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Cozinha	4,08	2,7	11,02
	27,85	TOTAL	76,43

$$A_{env} / A_p = 24,9\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="111,9"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="290,9"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore (S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4) <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap? (S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas? (S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="290,89"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="59,34"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	6,05	0,56	0,63	0,53	0,70	0,90	0,71
Oeste - Sala drt	Duplo	5,82	0,56	0,63	0,52	0,70	0,90	0,67
Oeste - Suite	Duplo	2,72	0,56	0,63	0,52	0,70	0,90	0,32
Oeste - Quarto 4.8	Duplo	2,40	0,56	0,63	0,42	0,70	0,90	0,26
Norte - I.S. 4.9	Duplo	1,23	0,27	0,63	0,52	0,70	0,90	0,13
Este - Quarto 4.6 esq	Duplo	0,94	0,56	0,63	0,58	0,70	0,90	0,12
Este - Quarto 4.6 drt	Duplo	1,00	0,56	0,63	0,50	0,70	0,90	0,11
Este - Quarto 4.5	Duplo	3,82	0,56	0,63	0,39	0,70	0,90	0,41
Este - Cozinha	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,40	0,70	0,90	0,16
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,89

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (Gsul)

na zona 13 do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

90

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

7,7

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

2004,65

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	7,70	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	111,88	(m ²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	2481,05	(kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 1,00

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

4485,70
20036,58

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma

De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)

m²

Paredes exteriores	55,01
Coberturas exteriores	114,97
Pavimentos exteriores	0,00
Envidraçados exteriores	27,85

De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A
τ)

Paredes interiores	15,19
Coberturas interiores	0,53
Pavimentos interiores	0,00
Envidraçados interiores	0,00

Área total: 213,55

/

Volume (de FCIV.1d): 290,89

=

FF 0,73

Graus-dias no local

(°C.dia)

(do Quadro III.1)

2820

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	115,89
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		140,32
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		147,78
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		198,21

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m².ano)

140,32

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	150,00
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	10,28
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	76,43
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	59,34

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	296,05
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	2820,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	20036,58
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	4479,21
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	15557,37
	/
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,88
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m ² .ano)	139,05
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m ² .ano)	140,32

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

99,1%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	32,85	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	81,17	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	76,43	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	59,34	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	249,78	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	249,78	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	4388,17	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (<i>inclui paredes e cobertura</i>)							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	25,60	1,38	8,67	11,07	3,98	3,61	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,57	0,57	0,57	0,57	0,75	0,75	0,75
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	5,85	0,31	1,98	2,53	1,19	1,08	0,21
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	380	420	420	200	420	420
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0	0,04	0,04	0,04	0,04	0
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	46,77	4,78	33,26	42,46	9,49	18,09	3,51
							TOTAL
							158,35 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Suite	W Qua 4.8	N I.S. 4.9	E Qua 4.6 e	E Qua 4.6 d	E Qua 4.5	E Cozi- nha
Área, A (m ²)	6,05	5,82	2,72	2,40	1,23	0,94	1,00	3,82	1,50
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envi- draçado (protecção solar activada a 70%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,71	0,70	0,97	0,95	1,00	0,79	0,84	0,65	0,74
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,74	0,70	0,45	0,39	0,20	0,13	0,14	0,43	0,19
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na esta- ção de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	420	420	420	420	200	420	420	420	420
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	311,13	291,98	189,89	164,09	39,67	53,56	60,11	179,47	79,57
									TOTAL
									1369,49 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	111,88	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	1310,34	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	1369,49	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	158,35	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1310,34	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	2838,18	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 2838,18 (kWh)
(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 4388,17 (kWh)
(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 0,64678

Inércia do edifício *(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)* 3

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,94	
	=	
	0,06	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2838,18	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	179,40	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	(Ev=Pvx24x0,03x4(kWh))
	=	
TOTAL	179,40	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,88	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	1,60	(kWh/m².ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	16	(kWh/m².ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 10,0%

Cálculo intermédio:
a = 4,2
 $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81
 $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,94

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	2344,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	16,99	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	52,85	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

N_i (kW.h/m ² .ano)	140,32	
N_{ic} (kW.h/m ² .ano)	139,05	
N_v (kW.h/m ² .ano)	16	
N_{vc} (kW.h/m ² .ano)	1,60	
N_a (kW.h/m ² .ano)	52,85	
N_{ac} (kW.h/m ² .ano)	16,99	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
N_{tc}

5,51

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, N_t

8,54

(kgep/m².ano)

N_{tc} / N_t

64,5%

B

- Zona 2 – Solução 1 - Caso 4 – Piso 1

Folha de cálculo FC IV. 1a

Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores (incluindo pontes térmicas planas)	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	30,00	0,57	17,12
Alçado Sul	1,38	0,57	0,79
Alçado Este	9,56	0,57	5,45
Alçado Oeste	13,36	0,57	7,62
Alçado Norte - Ptp	3,67	0,75	2,74
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,75	0,00
Alçado Este - Ptp	2,71	0,75	2,02
Alçado Oeste - Ptp	3,47	0,75	2,58
	64,13	TOTAL	38,32

Pavimentos Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Sala + Suite	7,23	0,47	3,40
I.S. 1.8	2,20	0,49	1,09
	9,43	TOTAL	4,49

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimentos sobre locais não aquecidos	24,57	0,50	12,29
Fachada com Pavimentos Intermédios	31,07	0,10	3,11
Duas Paredes Verticais	7,80	0,15	1,17
Caixa de estore	9,60	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	24,10	0,20	4,82
Fachada com Varanda	17,05	0,40	6,82
	114,19	TOTAL	28,20

**Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	71,01
--------------	--------------

Folha de cálculo FC IV.1b

Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,54	0,60	3,67
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,70	0,60	1,05
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,22	0,68	0,30	1,68
Parede interior (hall e quarto 1.5 com patim)	15,96	0,54	0,30	2,57
Ponte térmica plana (hall com patim)	1,17	0,70	0,30	0,25
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
				0,00
	41,03		TOTAL	10,56

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Quartos, hall e sala	70,47	0,47	0,30	9,96
Instalações sanitárias e cozinha	16,39	0,49	0,30	2,43
	86,86		TOTAL	12,38

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	22,95
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV. 1c

Perdas associadas aos vão envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	6,56	3,14	20,60
Alçado Oeste - Cozinha	2,90	2,28	6,61
Alçado Oeste - Suite	3,10	2,26	7,01
Alçado Este - I.S. 1.8	1,90	2,2	4,18
Alçado Este - Quarto 1.6	1,50	2,38	3,57
Alçado Este - Quarto 1.5	1,50	2,38	3,57
	17,46	TOTAL	45,54

$$A_{env} / A_p = 18,1\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="96,3"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="250,4"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL		<i>(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)</i>	
Cumpre a NP 1037-1?	(S ou N)	<input type="text" value="S"/>	se SIM: RPH = <input type="text" value="0,6"/>
Se NÃO:			
Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1 RPH= <input type="text" value="0,6"/> </div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="250,35"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="51,07"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	3,28	0,56	0,55	0,46	0,70	0,90	0,31
Oeste - Sala drt	Duplo	3,16	0,56	0,55	0,45	0,70	0,90	0,30
Oeste - Cozinha	Duplo	2,90	0,56	0,55	0,37	0,70	0,90	0,27
Oeste - Suite	Duplo	3,10	0,56	0,55	0,43	0,70	0,90	0,29
Este - I.S. 1.8	Duplo	1,90	0,56	0,55	0,58	0,70	0,90	0,21
Este - Quarto 1.6	Duplo	1,50	0,56	0,55	0,43	0,70	0,90	0,14
Este - Quarto 1.5	Duplo	7,28	0,56	0,55	0,43	0,70	0,90	0,68
								0,00
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,20

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona I3 do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

90

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

7,7

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1523,79

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3) 4 (W/m²)

x

Duração da Estação de Aquecimento 7,70 (meses)

x

Área Útil de pavimento 96,29 (m²)

x

0,72

=

Ganhos Internos Brutos 2135,33 (kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 1,00

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

3659,12
12897,76

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f
Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	64,13
Coberturas exteriores	0,00
Pavimentos exteriores	9,43
Envidraçados exteriores	17,46
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A _τ)	
Paredes interiores	16,47
Coberturas interiores	0,00
Pavimentos interiores	26,06
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	133,55
	/
Volume (de FCIV.1d):	250,35
	=
FF	0,53

Graus-dias no local (do Quadro III.1) 2820

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	115,89
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		119,38
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		130,52
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		198,21

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano) 119,38

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	71,01
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	22,95
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	45,54
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	51,07

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	190,57
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	2820,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	12897,76
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	3645,90
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	9251,85
	/
Área Útil de Pavimento (m ²)	96,29
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m ² .ano)	96,08
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m ² .ano)	119,38

Verifica**O.K.**

Nic/Ni (%) =

80,5%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	38,32	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	4,49	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	45,54	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	51,07	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	139,42	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	139,42	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	2449,32	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (<i>inclui paredes e cobertura</i>)							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	30,00	1,38	9,56	13,36	3,67	2,71	3,47
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,57	0,57	0,57	0,57	0,75	0,75	0,75
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	6,85	0,31	2,18	3,05	1,09	0,81	1,03
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	380	420	420	200	420	420
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	54,79	4,78	36,65	51,23	8,76	13,55	17,35
							TOTAL
							187,11 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Cozinha	W Suite	E I.S. 1.8	E Qua 1.6	E Qua 1.5
Área, A (m ²)	3,28	3,16	2,90	3,10	1,90	1,50	7,28
	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,77	0,73	0,65	0,87	0,86	0,64	0,71
	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,34	0,31	0,26	0,37	0,22	0,13	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	420	420	420	420	420	420	420
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	144,10	130,45	107,93	153,67	93,10	54,70	294,50
							TOTAL
							978,46 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	96,29	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	1127,75	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	978,46	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	187,11	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1127,75	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	2293,32	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 2293,32 (kWh)
(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 2449,32 (kWh)
(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 0,936308

Inércia do edifício *(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)* 3

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,83	
	=	
	0,17	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2293,32	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	382,30	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	(Ev=Pvx24x0,03x4(kWh))
	=	
TOTAL	382,30	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)	96,29	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	3,97	(kWh/m².ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	16	(kWh/m².ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 24,8%

Cálculo intermédio:
a = 4,2
 $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81
 $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,83

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	4,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3056,51	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	1847,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	16,09	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	49,13	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	119,38	
Nic (kW.h/m ² .ano)	96,08	
Nv (kW.h/m ² .ano)	16	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	3,97	
Na (kW.h/m ² .ano)	49,13	
Nac (kW.h/m ² .ano)	16,09	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
Ntc

4,21

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, Nt

7,85

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

53,6%

B

- Zona 2 – Solução 1 - Caso 4 – Piso 3

Folha de cálculo FC IV. 1a

Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores (incluindo pontes térmicas planas)	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	25,60	0,57	14,61
Alçado Sul	1,38	0,57	0,79
Alçado Este	10,99	0,57	6,27
Alçado Oeste	11,07	0,57	6,32
Alçado Norte - Ptp	3,98	0,75	2,96
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,75	0,00
Alçado Este - Ptp	3,61	0,75	2,69
Alçado Oeste - Ptp	0,70	0,75	0,52
	57,33	TOTAL	34,17

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimento Intermédio	41,60	0,10	4,16
Fachada com Varanda	22,68	0,40	9,07
Duas Paredes Verticais	5,20	0,15	0,78
Caixa de estore	10,95	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	27,38	0,20	5,48
	107,81	TOTAL	19,49

Perdas pela envolvente exterior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	53,66
--------------	--------------

Folha de cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,54	0,60	3,67
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,70	0,60	1,05
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,32	0,68	0,30	1,70
Parede interior (hall e cozinha com patim)	11,22	0,68	0,30	2,30
Ponte térmica plana (cozinha com patim)	1,77	0,70	0,30	0,37
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	37,00		TOTAL	10,44

**Perdas pela envolvente interior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	10,44
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV. 1c
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	12,10	2,11	25,53
Alçado Oeste - Suite	2,72	2,29	6,23
Alçado Oeste - Quarto 3.8	2,40	2,2	5,28
Alçado Norte - I.S. 3.9	1,23	2,4	2,95
Alçado Este - Quarto 3.6	1,50	2,38	3,57
Alçado Este - Quarto 3.5	1,50	2,38	3,57
Alçado Este - Cozinha	4,08	2,17	8,85
	25,53	TOTAL	55,99

$$A_{env} / A_p = 22,8\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="111,8"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="290,7"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore (S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4) <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap? (S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas? (S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="290,65"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="59,29"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	3,14	0,56	0,55	0,41	0,70	0,90	0,29
Oeste - Sala drt	Duplo	8,84	0,56	0,55	0,47	0,70	0,90	0,81
Oeste - Suite	Duplo	2,72	0,56	0,55	0,52	0,70	0,90	0,28
Oeste - Quarto 3.8	Duplo	2,40	0,56	0,55	0,32	0,70	0,90	0,22
Norte - I.S. 3.9	Duplo	1,23	0,27	0,55	0,52	0,70	0,90	0,12
Este - Quarto 3.6	Duplo	1,50	0,56	0,55	0,55	0,70	0,90	0,16
Este - Quarto 3.5	Duplo	1,50	0,56	0,55	0,38	0,70	0,90	0,14
Este - Cozinha	Duplo	4,08	0,56	0,55	0,38	0,70	0,90	0,38
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,40

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona 13 do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

90

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

7,7

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1665,75

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)

4

(W/m²)

x

Duração da Estação de Aquecimento

7,70

(meses)

x

Área Útil de pavimento

111,79

(m²)

x

0,72

=

Ganhos Internos Brutos

2479,06

(kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,99

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

4144,80
12140,26

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	57,33
Coberturas exteriores	0,00
Pavimentos exteriores	0,00
Envidraçados exteriores	25,53
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	15,26
Coberturas interiores	0,00
Pavimentos interiores	0,00
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	98,13
	/
Volume (de FCIV.1d):	290,65
	=
FF	0,34

Graus-dias no local (°C.dia)	(do Quadro III.1)	2820
--	-------------------	------

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	115,89
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		98,95
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		112,05
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		198,21

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	115,89
---	--------

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	53,66
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	10,44
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	55,99
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	59,29

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	179,38
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	2820,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	12140,26
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	4114,78
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	8025,49
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	111,79
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	71,79
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	115,89

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

61,9%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	34,17	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	55,99	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	59,29	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	149,45	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	149,45	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	2625,54	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL
(inclui paredes e cobertura)

	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
Orientação	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	25,60	1,38	10,99	11,07	3,98	3,61	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,57	0,57	0,57	0,57	0,75	0,75	0,75
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	5,85	0,31	2,51	2,53	1,19	1,08	0,21
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	380	420	420	200	420	420
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	46,77	4,78	42,16	42,46	9,49	18,09	3,51
	TOTAL						
	167,25						(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Suite	W Qua 3.8	N I.S. 3.9	E Qua 3.6	E Qua 3.5	E Cozi- nha
Área, A (m ²)	3,14	8,84	2,72	2,40	1,23	1,50	1,50	4,08
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envi- draçado (protecção solar activada a 70%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,71	0,77	0,97	0,64	1,00	0,97	0,65	0,74
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,30	0,92	0,36	0,21	0,16	0,20	0,13	0,41
	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na esta- ção de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	420	420	420	420	200	420	420	420
	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	127,11	386,91	150,33	87,04	31,41	82,90	55,79	171,35
								TOTAL
								1092,84 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	111,79	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	1309,28	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	1092,84	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	167,25	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1309,28	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	2569,38	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 2569,38 (kWh)
(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 2625,54 (kWh)
(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 0,97861

Inércia do edifício *(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)* 3

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,82	
	=	
	0,18	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2569,38	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	471,94	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	(Ev=Pvx24x0,03x4(kWh))
	=	
TOTAL	471,94	(kWh/ano)
	/	12140,26
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,79	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	4,22	(kWh/m².ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	16	(kWh/m².ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 26,4%

Cálculo intermédio:
a = 4,2
 $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81
 $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,82

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	2344,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	17,01	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	52,89	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	115,89	
Nic (kW.h/m ² .ano)	71,79	
Nv (kW.h/m ² .ano)	16	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	4,22	
Na (kW.h/m ² .ano)	52,89	
Nac (kW.h/m ² .ano)	17,01	
ηi	1	Art. 18.º - ponto 2
ηv	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
Ntc

3,59

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, Nt

8,33

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

43,1%

A

- Zona 2 – Solução 1 - Caso 4 – Piso 4

Folha de cálculo FC IV. 1a

Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores (incluindo pontes térmicas planas)	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	25,60	0,57	14,61
Alçado Sul	1,38	0,57	0,79
Alçado Este	8,67	0,57	4,95
Alçado Oeste	11,07	0,57	6,32
Alçado Norte - Ptp	3,98	0,75	2,96
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,75	0,00
Alçado Este - Ptp	3,61	0,75	2,69
Alçado Oeste - Ptp	0,70	0,75	0,52
	55,01	TOTAL	32,85

Coberturas Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Cobertura	114,97	0,38	43,20
	114,97	TOTAL	43,20

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimento Intermédio	19,08	0,10	1,91
Fachada com Terraço	31,62	0,55	17,39
Fachada com Varanda	26,12	0,40	10,45
Duas Paredes Verticais	5,20	0,15	0,78
Caixa de estore	10,92	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	27,32	0,20	5,46
	120,25	TOTAL	35,99

Perdas pela envolvente exterior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	112,03
--------------	---------------

Folha de cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,54	0,60	3,67
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,70	0,60	1,05
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,06	0,68	0,30	1,65
Parede interior (hall e cozinha com patim)	11,22	0,54	0,30	1,81
Ponte térmica plana (cozinha com patim)	1,77	0,70	0,30	0,37
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	36,74		TOTAL	9,90

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Hall	1,76	0,38	0,30	0,20
	1,76		TOTAL	0,20

**Perdas pela envolvente interior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	10,10
--------------	--------------

Folha de cálculo FC IV. 1c
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	12,10	2,11	25,53
Alçado Oeste - Suite	2,72	2,29	6,23
Alçado Oeste - Quarto 4.8	2,40	2,2	5,28
Alçado Norte - I.S. 4.9	1,23	2,4	2,95
Alçado Este - Quarto 4.6	3,82	3,17	12,11
Alçado Este - Quarto 4.5	1,50	2,38	3,57
Alçado Este - Cozinha	4,08	2,17	8,85
	27,85	TOTAL	64,52

$$A_{env} / A_p = 24,9\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="111,9"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="290,9"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore (S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4) <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap? (S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas? (S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="290,89"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="59,34"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	6,05	0,56	0,55	0,53	0,70	0,90	0,62
Oeste - Sala drt	Duplo	5,82	0,56	0,55	0,52	0,70	0,90	0,59
Oeste - Suite	Duplo	2,72	0,56	0,55	0,52	0,70	0,90	0,28
Oeste - Quarto 4.8	Duplo	2,40	0,56	0,55	0,42	0,70	0,90	0,22
Norte - I.S. 4.9	Duplo	1,23	0,27	0,55	0,52	0,70	0,90	0,12
Este - Quarto 4.6 esq	Duplo	0,94	0,56	0,55	0,58	0,70	0,90	0,11
Este - Quarto 4.6 drt	Duplo	1,00	0,56	0,55	0,50	0,70	0,90	0,10
Este - Quarto 4.5	Duplo	3,82	0,56	0,55	0,39	0,70	0,90	0,36
Este - Cozinha	Duplo	1,50	0,56	0,55	0,40	0,70	0,90	0,14
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,53

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (Gsul)

na zona I3 do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

90

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

7,7

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1750,09

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	7,70	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	111,88	(m ²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	2481,05	(kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 1,00

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

4231,14
16649,07

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	55,01
Coberturas exteriores	114,97
Pavimentos exteriores	0,00
Envidraçados exteriores	27,85
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	15,19
Coberturas interiores	0,53
Pavimentos interiores	0,00
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	213,55
	/
Volume (de FCIV.1d):	290,89
	=
FF	0,73

Graus-dias no local
(°C.dia)

(do Quadro III.1)

2820

		Auxiliar
Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	115,89
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1	140,32
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5	147,78
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5	198,21

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m².ano)

140,32

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	112,03
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	10,10
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	64,52
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	59,34

	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	246,00
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	2820,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	16649,07
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	4221,12
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	12427,95
	/
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,88
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m ² .ano)	111,08
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m ² .ano)	140,32

Verifica**O.K.**

Nic/Ni (%) =

79,2%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	32,85	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	43,20	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	64,52	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	59,34	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	199,91	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	199,91	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	3512,04	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL
(inclui paredes e cobertura)

	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
Orientação	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	25,60	1,38	8,67	11,07	3,98	3,61	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,57	0,57	0,57	0,57	0,75	0,75	0,75
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
α.U.A (W/°C)	5,85	0,31	1,98	2,53	1,19	1,08	0,21
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	380	420	420	200	420	420
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0	0,04	0,04	0,04	0,04	0
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	46,77	4,78	33,26	42,46	9,49	18,09	3,51
	TOTAL						
	158,35						(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Suite	W Qua 4.8	N I.S. 4.9	E Qua 4.6 e	E Qua 4.6 d	E Qua 4.5	E Cozi- nha
Área, A (m ²)	6,05	5,82	2,72	2,40	1,23	0,94	1,00	3,82	1,50
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envi- draçado (protecção solar activada a 70%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,71	0,70	0,97	0,95	1,00	0,79	0,84	0,65	0,74
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,59	0,55	0,36	0,31	0,16	0,10	0,11	0,34	0,15
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na esta- ção de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	420	420	420	420	200	420	420	420	420
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	246,31	231,15	150,33	129,91	31,41	42,40	47,59	142,08	63,00
									TOTAL
									1084,18 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	111,88	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	1310,34	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	1084,18	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	158,35	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1310,34	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	2552,87	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 2552,87 (kWh)
(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 3512,04 (kWh)
(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 0,72689

Inércia do edifício *(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)* 3

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,91	
	=	
	0,09	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2552,87	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	225,56	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	($E_v = P_v \times 24 \times 0,03 \times 4$ (kWh))
	=	
TOTAL	225,56	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,88	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	2,02	(kWh/m².ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	16	(kWh/m².ano)

Verifica

O.K.

Nvc/Nv (%) =

12,6%

Cálculo intermédio:			
	a =	4,2	
$\gamma = 1$	$\eta =$	0,81	
$\gamma \neq 1$	$\eta =$	0,91	

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	2344,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS , N_{ac}	16,99	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS , N_a	52,85	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	140,32	
Nic (kW.h/m ² .ano)	111,08	
Nv (kW.h/m ² .ano)	16	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	2,02	
Na (kW.h/m ² .ano)	52,85	
Nac (kW.h/m ² .ano)	16,99	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária, Ntc

4,70

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, Nt

8,54

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

55,1%

B

- Zona 2 – Solução 1 - Caso 5 – Piso 1

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	30,00	0,95	28,50
Alçado Sul	1,38	0,95	1,31
Alçado Este	9,56	0,95	9,08
Alçado Oeste	13,36	0,95	12,69
Alçado Norte - Ptp	3,67	0,95	3,49
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,95	0,00
Alçado Este - Ptp	2,71	0,95	2,57
Alçado Oeste - Ptp	3,47	0,95	3,29
	64,13	TOTAL	60,92

Pavimentos Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Sala + Suite	7,23	0,65	4,70
I.S. 1.8	2,20	0,65	1,43
	9,43	TOTAL	6,13

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimentos sobre locais não aquecidos	24,57	0,50	12,29
Fachada com Pavimentos Intermédios	31,07	0,10	3,11
Duas Paredes Verticais	7,80	0,15	1,17
Caixa de estore	9,60	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	24,10	0,20	4,82
Fachada com Varanda	17,05	0,40	6,82
	114,19	TOTAL	28,20

**Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	95,25
--------------	--------------

Folha de cálculo FC IV.1b

Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,95	0,60	6,49
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,95	0,60	1,43
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,22	0,95	0,30	2,34
Parede interior (hall e quarto 1.5 com patim)	15,96	0,95	0,30	4,55
Ponte térmica plana (hall com patim)	1,17	0,95	0,30	0,33
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	41,03		TOTAL	16,49

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Quartos, hall e sala	70,47	0,65	0,30	13,74
Instalações sanitárias e cozinha	16,39	0,65	0,30	3,20
	86,86		TOTAL	16,94

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	33,43
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV. 1c

Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	6,56	4,4	28,86
Alçado Oeste - Cozinha	2,90	4,4	12,76
Alçado Oeste - Suite	3,10	4,4	13,64
Alçado Este - I.S. 1.8	1,90	4,4	8,36
Alçado Este - Quarto 1.6	1,50	4,4	6,60
Alçado Este - Quarto 1.5	1,50	4,4	6,60
	17,46	TOTAL	76,82

$$A_{env} / A_p = 18,1\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="96,3"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="250,4"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="250,35"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="51,07"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	3,28	0,56	0,55	0,46	0,70	0,90	0,31
Oeste - Sala drt	Duplo	3,16	0,56	0,55	0,45	0,70	0,90	0,30
Oeste - Cozinha	Duplo	2,90	0,56	0,55	0,37	0,70	0,90	0,27
Oeste - Suite	Duplo	3,10	0,56	0,55	0,43	0,70	0,90	0,29
Este - I.S. 1.8	Duplo	1,90	0,56	0,55	0,58	0,70	0,90	0,21
Este - Quarto 1.6	Duplo	1,50	0,56	0,55	0,43	0,70	0,90	0,14
Este - Quarto 1.5	Duplo	7,28	0,56	0,55	0,43	0,70	0,90	0,68
								0,00
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,20

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona I3 do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

90

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

7,7

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1523,79

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3) 4 (W/m²)

x

Duração da Estação de Aquecimento 7,70 (meses)

x

Área Útil de pavimento 96,29 (m²)

x

0,72

=

Ganhos Internos Brutos 2135,33 (kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 1,00

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

3659,12
17364,84

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma		
De FCIV.1a e FCIV.1c:	(Áreas)	m ²
Paredes exteriores		64,13
Coberturas exteriores		0,00
Pavimentos exteriores		9,43
Envidraçados exteriores		17,46
De FCIV.1b:	(Áreas equivalentes, A . τ)	
Paredes interiores		16,47
Coberturas interiores		0,00
Pavimentos interiores		26,06
Envidraçados interiores		0,00
Área total:		133,55
		/
Volume (de FCIV.1d):		250,35
		=
FF		0,53

Graus-dias no local
(°C.dia)

(do Quadro III.1)

2820

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF ≤ 0,5	Auxiliar
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF ≤ 1	115,89
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF ≤ 1,5	119,38
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5	130,52
		198,21

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)

119,38

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	95,25
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	33,43
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	76,82
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	51,07

	=	
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)		256,57
	x	
Graus-dias no Local (°C.dia)		2820,00
	x	
		0,024
	=	
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)		17364,84
	-	
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)		3654,95
	=	
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)		13709,90
	/	
Área Útil de Pavimento (m2)		96,29
	=	
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)		142,38
	≤	
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)		119,38

Não verifica K.O.

Nic/Ni (%) = 119,3%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	60,92	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	6,13	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	76,82	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	51,07	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	194,95	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento		19	(°C)
(Quadro III.9)		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	194,95	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	3424,80	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (*inclui paredes e cobertura*)

Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	30,00	1,38	9,56	13,36	3,67	2,71	3,47
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	11,40	0,52	3,63	5,07	1,40	1,03	1,32
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	380	420	420	200	420	420
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	91,19	7,96	61,00	85,26	11,16	17,27	22,12
	TOTAL						
	295,96 (kWh)						

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Cozinha	W Suite	E I.S. 1.8	E Qua 1.6	E Qua 1.5
Área, A (m ²)	3,28	3,16	2,90	3,10	1,90	1,50	7,28
	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,77	0,73	0,65	0,87	0,86	0,64	0,71
	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,34	0,31	0,26	0,37	0,22	0,13	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	420	420	420	420	420	420	420
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	144,10	130,45	107,93	153,67	93,10	54,70	294,50
TOTAL							978,46 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/>	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	<input type="text" value="96,29"/>	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	<input type="text" value="1127,75"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	<input type="text" value="978,46"/>	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	<input type="text" value="295,96"/>	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	<input type="text" value="1127,75"/>	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	<input type="text" value="2402,17"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2402,17	(kWh)
Perdas Térmicas Totais (FCV.1a)	3424,80	(kWh)
Relação Ganhos-Perdas	=	
	0,701403	
Inércia do edifício	(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	3

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,92	
	=	
	0,08	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2402,17	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	192,09	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	(Ev=Pvx24x0,03x4(kWh))
	=	
TOTAL	192,09	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)	96,29	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	1,99	(kWh/m ² .ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	16	(kWh/m ² .ano)

Verifica

O.K.

Nvc/Nv (%) =

12,5%

Cálculo intermédio:		
a = 4,2		
$\gamma = 1$	$\eta =$	0,81
$\gamma \neq 1$	$\eta =$	0,92

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	4,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3056,51	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	1847,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	16,09	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	49,13	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	119,38	
Nic (kW.h/m ² .ano)	142,38	
Nv (kW.h/m ² .ano)	16	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	1,99	
Na (kW.h/m ² .ano)	49,13	
Nac (kW.h/m ² .ano)	16,09	
ηi	1	Art. 18.º - ponto 2
ηv	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
N_{tc}

5,53

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, N_t

7,85

(kgep/m².ano)

N_{tc} / N_t

70,5%

B

- Zona 2 – Solução 1 - Caso 5 – Piso 3

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	25,60	0,95	24,32
Alçado Sul	1,38	0,95	1,31
Alçado Este	10,99	0,95	10,44
Alçado Oeste	11,07	0,95	10,52
Alçado Norte - Ptp	3,98	0,95	3,78
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,95	0,00
Alçado Este - Ptp	3,61	0,95	3,43
Alçado Oeste - Ptp	0,70	0,95	0,67
	57,33	TOTAL	54,47

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimento Intermédio	41,60	0,10	4,16
Fachada com Varanda	22,68	0,40	9,07
Duas Paredes Verticais	5,20	0,15	0,78
Caixa de estore	10,95	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	27,38	0,20	5,48
	107,81	TOTAL	19,49

Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	73,95
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV.1b

Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,95	0,60	6,49
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,95	0,60	1,43
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,32	0,95	0,30	2,37
Parede interior (hall e cozinha com patim)	11,22	0,95	0,30	3,20
Ponte térmica plana (cozinha com patim)	1,77	0,95	0,30	0,50
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	37,00		TOTAL	15,34

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	15,34
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV. 1c

Perdas associadas aos vão envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	12,10	4,4	53,24
Alçado Oeste - Suite	2,72	4,4	11,97
Alçado Oeste - Quarto 3.8	2,40	4,4	10,56
Alçado Norte - I.S. 3.9	1,23	4,4	5,41
Alçado Este - Quarto 3.6	1,50	4,4	6,60
Alçado Este - Quarto 3.5	1,50	4,4	6,60
Alçado Este - Cozinha	4,08	4,4	17,95
	25,53	TOTAL	112,33

$$A_{env} / A_p = 22,8\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="111,8"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="290,7"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumprir a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição (Ver Quadro IV.2)	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="290,65"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="59,29"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e

Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	3,14	0,56	0,55	0,41	0,70	0,90	0,29
Oeste - Sala drt	Duplo	8,84	0,56	0,55	0,47	0,70	0,90	0,81
Oeste - Suíte	Duplo	2,72	0,56	0,55	0,52	0,70	0,90	0,28
Oeste - Quarto 3.8	Duplo	2,40	0,56	0,55	0,32	0,70	0,90	0,22
Norte - I.S. 3.9	Duplo	1,23	0,27	0,55	0,52	0,70	0,90	0,12
Este - Quarto 3.6	Duplo	1,50	0,56	0,55	0,55	0,70	0,90	0,16
Este - Quarto 3.5	Duplo	1,50	0,56	0,55	0,38	0,70	0,90	0,14
Este - Cozinha	Duplo	4,08	0,56	0,55	0,38	0,70	0,90	0,38
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,40

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

90

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

7,7

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1665,75

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/>	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	<input type="text" value="7,70"/>	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	<input type="text" value="111,79"/>	(m ²)
	x	
	<input type="text" value="0,72"/>	
	=	
Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="2479,06"/>	(kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 1,00

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

4144,80
17658,88

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma		
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)		m ²
Paredes exteriores		57,33
Coberturas exteriores		0,00
Pavimentos exteriores		0,00
Envidraçados exteriores		25,53
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)		
Paredes interiores		15,26
Coberturas interiores		0,00
Pavimentos interiores		0,00
Envidraçados interiores		0,00
Área total:		98,13
		/
Volume (de FCIV.1d):		290,65
		=
FF		0,34

Graus-dias no local

(°C.dia)

(do Quadro III.1)

2820

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	115,89
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		98,95
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		112,05
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		198,21

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m².ano)

115,89

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	73,95
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	15,34
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	112,33
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	59,29

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	260,92
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	2820,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	17658,88
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	4137,59
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	13521,28
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	111,79
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	120,95
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	115,89

Não verifica

K.O.

Nic/Ni (%) =

104,4%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	54,47	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	112,33	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	59,29	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	226,09	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	226,09	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	3971,96	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (<i>inclui paredes e cobertura</i>)							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	25,60	1,38	10,99	11,07	3,98	3,61	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	9,73	0,52	4,18	4,21	1,51	1,37	0,27
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	380	420	420	200	420	420
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0	0,04	0,04	0,04	0,04	0
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	77,83	7,96	70,17	70,67	12,09	23,06	4,47
							TOTAL
							266,25 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Suite	W Qua 3.8	N I.S. 3.9	E Qua 3.6	E Qua 3.5	E Cozi- nha
Área, A (m ²)	3,14	8,84	2,72	2,40	1,23	1,50	1,50	4,08
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,71	0,77	0,97	0,64	1,00	0,97	0,65	0,74
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,30	0,92	0,36	0,21	0,16	0,20	0,13	0,41
	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	420	420	420	420	200	420	420	420
	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	127,11	386,91	150,33	87,04	31,41	82,90	55,79	171,35
								TOTAL
								1092,84 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/>	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	<input type="text" value="111,79"/>	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	<input type="text" value="1309,28"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	<input type="text" value="1092,84"/>	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	<input type="text" value="266,25"/>	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	<input type="text" value="1309,28"/>	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	<input type="text" value="2668,38"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 2668,38 (kWh)
(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 3971,96 (kWh)
(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 0,671805

Inércia do edifício *(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)* 3

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,93	
	=	
	0,07	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2668,38	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	188,57	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	($E_v = P_{vx} 24 \times 0,03 \times 4$ (kWh))
	=	
TOTAL	188,57	(kWh/ano)
	/	17658,88
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,79	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	1,69	(kWh/m².ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	16	(kWh/m².ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 10,5%

Cálculo intermédio:		
a = 4,2		
$\gamma = 1$	$\eta =$	0,81
$\gamma \neq 1$	$\eta =$	0,93

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	2344,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	17,01	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	52,89	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	115,89	
Nic (kW.h/m ² .ano)	120,95	
Nv (kW.h/m ² .ano)	16	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	1,69	
Na (kW.h/m ² .ano)	52,89	
Nac (kW.h/m ² .ano)	17,01	
ηi	1	Art. 18.º - ponto 2
ηv	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
Ntc

4,99

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, Nt

8,33

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

59,9%

B

- Zona 2 – Solução 1 - Caso 5 – Piso 4

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	25,60	0,95	24,32
Alçado Sul	1,38	0,95	1,31
Alçado Este	8,67	0,95	8,24
Alçado Oeste	11,07	0,95	10,52
Alçado Norte - Ptp	3,98	0,95	3,78
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,95	0,00
Alçado Este - Ptp	3,61	0,95	3,43
Alçado Oeste - Ptp	0,70	0,95	0,67
	55,01	TOTAL	52,26

Coberturas Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Cobertura	114,97	0,53	60,93
	114,97	TOTAL	60,93

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimento Intermédio	19,08	0,10	1,91
Fachada com Terraço	31,62	0,55	17,39
Fachada com Varanda	26,12	0,40	10,45
Duas Paredes Verticais	5,20	0,15	0,78
Caixa de estore	10,92	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	27,32	0,20	5,46
	120,25	TOTAL	35,99

Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	149,18
--------------	--------

Folha de cálculo FC IV.1b

Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,95	0,60	6,49
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,95	0,60	1,43
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,06	0,95	0,30	2,30
Parede interior (hall e cozinha com patim)	11,22	0,95	0,30	3,20
Ponte térmica plana (cozinha com patim)	1,77	0,95	0,30	0,50
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	36,74		TOTAL	15,26

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Hall	1,76	0,53	0,30	0,28
	1,76		TOTAL	0,28

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL 15,54

Folha de cálculo FC IV. 1c

Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	12,10	4,4	53,24
Alçado Oeste - Suite	2,72	4,4	11,97
Alçado Oeste - Quarto 4.8	2,40	4,4	10,56
Alçado Norte - I.S. 4.9	1,23	4,4	5,41
Alçado Este - Quarto 4.6	3,82	4,4	16,81
Alçado Este - Quarto 4.5	1,50	4,4	6,60
Alçado Este - Cozinha	4,08	4,4	17,95
	27,85	TOTAL	122,54

$$A_{env} / A_p = 24,9\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="111,9"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="290,9"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumprir a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição (Ver Quadro IV.2)	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="290,89"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="59,34"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	6,05	0,56	0,55	0,53	0,70	0,90	0,62
Oeste - Sala drt	Duplo	5,82	0,56	0,55	0,52	0,70	0,90	0,59
Oeste - Suite	Duplo	2,72	0,56	0,55	0,52	0,70	0,90	0,28
Oeste - Quarto 4.8	Duplo	2,40	0,56	0,55	0,42	0,70	0,90	0,22
Norte - I.S. 4.9	Duplo	1,23	0,27	0,55	0,52	0,70	0,90	0,12
Este - Quarto 4.6 esq	Duplo	0,94	0,56	0,55	0,58	0,70	0,90	0,11
Este - Quarto 4.6 drt	Duplo	1,00	0,56	0,55	0,50	0,70	0,90	0,10
Este - Quarto 4.5	Duplo	3,82	0,56	0,55	0,39	0,70	0,90	0,36
Este - Cozinha	Duplo	1,50	0,56	0,55	0,40	0,70	0,90	0,14
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,53

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (Gsul)

na zona I3 do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

90

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

7,7

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1750,09

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	7,70	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	111,88	(m ²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	2481,05	(kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 1,00

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

4231,14
23458,54

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma		
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)		m ²
Paredes exteriores		55,01
Coberturas exteriores		114,97
Pavimentos exteriores		0,00
Envidraçados exteriores		27,85
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)		
Paredes interiores		15,19
Coberturas interiores		0,53
Pavimentos interiores		0,00
Envidraçados interiores		0,00
Área total:		213,55
		/
Volume (de FCIV.1d):		290,89
		=
FF		0,73

Graus-dias no local

(°C.dia)

(do Quadro III.1)

2820

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	115,89
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		140,32
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		147,78
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		198,21

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m2.ano)

140,32

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	149,18
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	15,54
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	122,54
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	59,34

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	346,61
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	2820,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	23458,54
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	4228,53
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	19230,00
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	111,88
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	171,88
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	140,32

Não verifica

K.O.

Nic/Ni (%) =

122,5%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	52,26	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	60,93	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	122,54	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	59,34	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	295,08	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	295,08	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	5183,89	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (<i>inclui paredes e cobertura</i>)							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	25,60	1,38	8,67	11,07	3,98	3,61	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	9,73	0,52	3,30	4,21	1,51	1,37	0,27
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	380	420	420	200	420	420
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0	0,04	0,04	0,04	0,04	0
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	77,83	7,96	55,36	70,67	12,09	23,06	4,47
							TOTAL
							251,44 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Suite	W Qua 4.8	N I.S. 4.9	E Qua 4.6 e	E Qua 4.6 d	E Qua 4.5	E Cozi- nha
Área, A (m ²)	6,05	5,82	2,72	2,40	1,23	0,94	1,00	3,82	1,50
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (<i>protecção solar activada a 70%</i>)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,71	0,70	0,97	0,95	1,00	0,79	0,84	0,65	0,74
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectivi- dade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,59	0,55	0,36	0,31	0,16	0,10	0,11	0,34	0,15
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	420	420	420	420	200	420	420	420	420
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envi- draçados Exteriores	246,31	231,15	150,33	129,91	31,41	42,40	47,59	142,08	63,00
TOTAL									1084,18 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/>	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	<input type="text" value="111,88"/>	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	<input type="text" value="1310,34"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	<input type="text" value="1084,18"/>	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	<input type="text" value="251,44"/>	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	<input type="text" value="1310,34"/>	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	<input type="text" value="2645,96"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 2645,96 (kWh)

(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 5183,89 (kWh)

(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 0,510419

Inércia do edifício *(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)* 3

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,97	
	=	
	0,03	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2645,96	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	79,26	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	(Ev=Pvx24x0,03x4(kWh))
	=	
TOTAL	79,26	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,88	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	0,71	(kWh/m².ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	16	(kWh/m².ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 4,4%

Cálculo intermédio:		
a = 4,2		
$\gamma = 1$	$\eta =$	0,81
$\gamma \neq 1$	$\eta =$	0,97

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	2344,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS , N_{ac}	16,99	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS , N_a	52,85	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	140,32	
Nic (kW.h/m ² .ano)	171,88	
Nv (kW.h/m ² .ano)	16	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	0,71	
Na (kW.h/m ² .ano)	52,85	
Nac (kW.h/m ² .ano)	16,99	
ηi	1	Art. 18.º - ponto 2
ηv	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
Ntc

6,45

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, Nt

8,54

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

75,5%

B-

- Zona 2 – Solução 2 - Caso 1 – Piso 1

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	30,00	0,59	17,79
Alçado Sul	1,38	0,59	0,82
Alçado Este	9,56	0,59	5,67
Alçado Oeste	13,36	0,59	7,92
Alçado Norte - Ptp	3,67	0,75	2,75
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,75	0,00
Alçado Este - Ptp	2,71	0,75	2,02
Alçado Oeste - Ptp	3,47	0,75	2,59
	64,13	TOTAL	39,55

Pavimentos Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Sala + Suite	7,23	0,47	3,40
I.S. 1.8	2,20	0,49	1,09
	9,43	TOTAL	4,49

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimentos sobre locais não aquecidos	24,57	0,50	12,29
Fachada com Pavimentos Intermédios	31,07	0,10	3,11
Duas Paredes Verticais	7,80	0,15	1,17
Caixa de estore	9,60	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	24,10	0,20	4,82
Fachada com Varanda	17,05	0,40	6,82
	114,19	TOTAL	28,20

**Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	72,25
--------------	--------------

Folha de cálculo FC IV.1b

Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,54	0,60	3,67
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,70	0,60	1,05
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,22	0,68	0,30	1,68
Parede interior (hall e quarto 1.5 com patim)	15,96	0,54	0,30	2,57
Ponte térmica plana (hall com patim)	1,17	0,70	0,30	0,25
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	41,03		TOTAL	10,56

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Quartos, hall e sala	70,47	0,47	0,30	9,96
Instalações sanitárias e cozinha	16,39	0,49	0,30	2,43
	86,86		TOTAL	12,38

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	22,95
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV. 1c

Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	6,56	2,7	17,71
Alçado Oeste - Cozinha	2,90	2,7	7,83
Alçado Oeste - Suite	3,10	2,7	8,37
Alçado Este - I.S. 1.8	1,90	3,7	7,03
Alçado Este - Quarto 1.6	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Quarto 1.5	1,50	2,7	4,05
	17,46	TOTAL	49,04

$$A_{env} / A_p = 18,1\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="96,3"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="250,4"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumprir a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição (Ver Quadro IV.2)	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="250,35"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="51,07"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	3,28	0,56	0,63	0,46	0,70	0,90	0,35
Oeste - Sala drt	Duplo	3,16	0,56	0,63	0,45	0,70	0,90	0,34
Oeste - Cozinha	Duplo	2,90	0,56	0,63	0,37	0,70	0,90	0,31
Oeste - Suite	Duplo	3,10	0,56	0,63	0,43	0,70	0,90	0,33
Este - I.S. 1.8	Duplo	1,90	0,56	0,63	0,58	0,70	0,90	0,24
Este - Quarto 1.6	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,43	0,70	0,90	0,16
Este - Quarto 1.5	Duplo	7,28	0,56	0,63	0,43	0,70	0,90	0,78
								0,00
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,52

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona I3 do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

90

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

7,7

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1745,44

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)

4

(W/m²)

x

Duração da Estação de Aquecimento

7,70

(meses)

x

Área Útil de pavimento

96,29

(m²)

x

0,72

=

Ganhos Internos Brutos

2135,33

(kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 1,00

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

3880,76
13218,47

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	64,13
Coberturas exteriores	0,00
Pavimentos exteriores	9,43
Envidraçados exteriores	17,46
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	16,47
Coberturas interiores	0,00
Pavimentos interiores	26,06
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	133,55
	/
Volume (de FCIV.1d):	250,35
	=
FF	0,53

Graus-dias no local
(°C.dia)

(do Quadro III.1)

2820

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	115,89
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		119,38
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		130,52
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		198,21

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m².ano)

119,38

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	72,25
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	22,95
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	49,04
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	51,07

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	195,31
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	2820,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	13218,47
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	3864,80
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	9353,67
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	96,29
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	97,14
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	119,38

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

81,4%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	39,55	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	4,49	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	49,04	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	51,07	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	144,16	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	144,16	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	2532,57	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (<i>inclui paredes e cobertura</i>)							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	30,00	1,38	9,56	13,36	3,67	2,71	3,47
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,59	0,59	0,59	0,59	0,75	0,75	0,75
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	7,12	0,33	2,27	3,17	1,10	0,81	1,04
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	380	420	420	200	420	420
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0	0,04	0,04	0	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	56,92	4,97	38,07	53,22	8,79	13,60	17,42
							TOTAL
							193,00 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Cozinha	W Suite	E I.S. 1.8	E Qua 1.6	E Qua 1.5
Área, A (m ²)	3,28	3,16	2,90	3,10	1,90	1,50	7,28
	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,77	0,73	0,65	0,87	0,86	0,64	0,71
	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,43	0,39	0,32	0,46	0,28	0,16	0,89
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	420	420	420	420	420	420	420
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	182,03	164,78	136,33	194,11	117,60	69,09	372,00
							TOTAL
							1235,95 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/>	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	<input type="text" value="96,29"/>	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	<input type="text" value="1127,75"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	<input type="text" value="1235,95"/>	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	<input type="text" value="193,00"/>	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	<input type="text" value="1127,75"/>	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	<input type="text" value="2556,69"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 2556,69 (kWh)

(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 2532,57 (kWh)

(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 1,009526

Inércia do edifício *(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)* 3

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,80	
	=	
	0,20	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2556,69	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	501,51	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	($E_v = P_{vx} 24 \times 0,03 \times 4$ (kWh))
	=	
TOTAL	501,51	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)	96,29	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	5,21	(kWh/m².ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	16	(kWh/m².ano)

Verifica

O.K.

Nvc/Nv (%) =

32,6%

Cálculo intermédio:

a = 4,2

$\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

$\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,80

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	4,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3056,51	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	1847,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS , N_{ac}	16,09	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS , N_a	49,13	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

N_i (kW.h/m ² .ano)	119,38	
N_{ic} (kW.h/m ² .ano)	97,14	
N_v (kW.h/m ² .ano)	16	
N_{vc} (kW.h/m ² .ano)	5,21	
N_a (kW.h/m ² .ano)	49,13	
N_{ac} (kW.h/m ² .ano)	16,09	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
N_{tc}

4,25

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, N_t

7,85

(kgep/m².ano)

N_{tc} / N_t

54,1%

B

- Zona 2 – Solução 2 - Caso 1 – Piso 3

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	25,60	0,59	15,18
Alçado Sul	1,38	0,59	0,82
Alçado Este	10,99	0,59	6,52
Alçado Oeste	11,07	0,59	6,56
Alçado Norte - Ptp	3,98	0,75	2,98
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,75	0,00
Alçado Este - Ptp	3,61	0,75	2,70
Alçado Oeste - Ptp	0,70	0,75	0,52
	57,33	TOTAL	35,28

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimento Intermédio	41,60	0,10	4,16
Fachada com Varanda	22,68	0,40	9,07
Duas Paredes Verticais	5,20	0,15	0,78
Caixa de estore	10,95	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	27,38	0,20	5,48
	107,81	TOTAL	19,49

Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	54,77
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV.1b

Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,54	0,60	3,67
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,70	0,60	1,05
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,32	0,68	0,30	1,70
Parede interior (hall e cozinha com patim)	11,22	0,68	0,30	2,30
Ponte térmica plana (cozinha com patim)	1,77	0,70	0,30	0,37
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	37,00		TOTAL	10,44

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	10,44
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV. 1c

Perdas associadas aos vão envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	12,10	2,7	32,67
Alçado Oeste - Suite	2,72	2,7	7,34
Alçado Oeste - Quarto 3.8	2,40	2,7	6,48
Alçado Norte - I.S. 3.9	1,23	3,7	4,55
Alçado Este - Quarto 3.6	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Quarto 3.5	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Cozinha	4,08	2,7	11,02
	25,53	TOTAL	70,16

$$A_{env} / A_p = 22,8\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="111,8"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="290,7"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="290,65"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="59,29"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	3,14	0,56	0,63	0,41	0,70	0,90	0,34
Oeste - Sala drt	Duplo	8,84	0,56	0,63	0,47	0,70	0,90	0,93
Oeste - Suite	Duplo	2,72	0,56	0,63	0,52	0,70	0,90	0,32
Oeste - Quarto 3.8	Duplo	2,40	0,56	0,63	0,32	0,70	0,90	0,26
Norte - I.S. 3.9	Duplo	1,23	0,27	0,63	0,52	0,70	0,90	0,13
Este - Quarto 3.6	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,55	0,70	0,90	0,18
Este - Quarto 3.5	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,38	0,70	0,90	0,16
Este - Cozinha	Duplo	4,08	0,56	0,63	0,38	0,70	0,90	0,44
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,75

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona 13 do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

90

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

7,7

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1908,04

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3) 4 (W/m²)

x

Duração da Estação de Aquecimento 7,70 (meses)

x

Área Útil de pavimento 111,79 (m²)

x

0,72

=

Ganhos Internos Brutos 2479,06 (kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,99

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

4387,09
13174,94

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	57,33
Coberturas exteriores	0,00
Pavimentos exteriores	0,00
Envidraçados exteriores	25,53
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	15,26
Coberturas interiores	0,00
Pavimentos interiores	0,00
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	98,13
	/
Volume (de FCIV.1d):	290,65
	=
FF	0,34

Graus-dias no local

(°C.dia)

(do Quadro III.1)

2820

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	115,89
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		98,95
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		112,05
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		198,21

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m².ano)

115,89

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	54,77
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	10,44
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	70,16
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	59,29

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	194,67
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	2820,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	13174,94
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	4358,12
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	8816,81
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	111,79
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	78,87
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	115,89

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

68,1%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	35,28	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	70,16	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	59,29	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	164,74	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	164,74	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	2894,12	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (<i>inclui paredes e cobertura</i>)							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	25,60	1,38	10,99	11,07	3,98	3,61	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,59	0,59	0,59	0,59	0,75	0,75	0,75
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	6,07	0,33	2,61	2,63	1,19	1,08	0,21
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	380	420	420	200	420	420
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	48,58	4,97	43,80	44,11	9,52	18,16	3,52
	TOTAL						172,67 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Suite	W Qua 3.8	N I.S. 3.9	E Qua 3.6	E Qua 3.5	E Cozi- nha
Área, A (m ²)	3,14	8,84	2,72	2,40	1,23	1,50	1,50	4,08
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,71	0,77	0,97	0,64	1,00	0,97	0,65	0,74
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,38	1,16	0,45	0,26	0,20	0,25	0,17	0,52
	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	420	420	420	420	200	420	420	420
	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	160,57	488,73	189,89	109,94	39,67	104,72	70,47	216,44
								TOTAL
								1380,43 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/>	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	<input type="text" value="111,79"/>	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	<input type="text" value="1309,28"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	<input type="text" value="1380,43"/>	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	<input type="text" value="172,67"/>	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	<input type="text" value="1309,28"/>	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	<input type="text" value="2862,39"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 2862,39 (kWh)
(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 2894,12 (kWh)
(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 0,989036

Inércia do edifício *(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)* 3

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,81	
	=	
	0,19	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2862,39	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	537,79	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	(Ev=Pvx24x0,03x4(kWh))
	=	
TOTAL	537,79	(kWh/ano)
	/	13174,94
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,79	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	4,81	(kWh/m².ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	16	(kWh/m².ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 30,1%

Cálculo intermédio:
a = 4,2
 $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81
 $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,81

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	2344,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	17,01	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	52,89	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	115,89	
Nic (kW.h/m ² .ano)	78,87	
Nv (kW.h/m ² .ano)	16	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	4,81	
Na (kW.h/m ² .ano)	52,89	
Nac (kW.h/m ² .ano)	17,01	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puu} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
Ntc

3,80

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, Nt

8,33

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

45,6%

A

- Zona 2 – Solução 2 - Caso 1 – Piso 4

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	25,60	0,59	15,18
Alçado Sul	1,38	0,59	0,82
Alçado Este	8,67	0,59	5,14
Alçado Oeste	11,07	0,59	6,56
Alçado Norte - Ptp	3,98	0,75	2,98
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,75	0,00
Alçado Este - Ptp	3,61	0,75	2,70
Alçado Oeste - Ptp	0,70	0,75	0,52
	55,01	TOTAL	33,91

Coberturas Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Cobertura	114,97	0,38	43,20
	114,97	TOTAL	43,20

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimento Intermédio	19,08	0,10	1,91
Fachada com Terraço	31,62	0,55	17,39
Fachada com Varanda	26,12	0,40	10,45
Duas Paredes Verticais	5,20	0,15	0,78
Caixa de estore	10,92	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	27,32	0,20	5,46
	120,25	TOTAL	35,99

Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	113,10
--------------	--------

Folha de cálculo FC IV.1b

Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	0,54	0,60	3,67
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,70	0,60	1,05
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,06	0,68	0,30	1,65
Parede interior (hall e cozinha com patim)	11,22	0,54	0,30	1,81
Ponte térmica plana (cozinha com patim)	1,77	0,70	0,30	0,37
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
				0,00
	36,74		TOTAL	9,90

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Hall	1,76	0,38	0,30	0,20
	1,76		TOTAL	0,20

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL 10,10

Folha de cálculo FC IV. 1c

Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	12,10	2,7	32,67
Alçado Oeste - Suite	2,72	2,7	7,34
Alçado Oeste - Quarto 4.8	2,40	2,7	6,48
Alçado Norte - I.S. 4.9	1,23	3,7	4,55
Alçado Este - Quarto 4.6	3,82	2,7	10,31
Alçado Este - Quarto 4.5	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Cozinha	4,08	2,7	11,02
	27,85	TOTAL	76,43

$$A_{env} / A_p = 24,9\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="111,9"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="290,9"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="290,89"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="59,34"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	6,05	0,56	0,63	0,53	0,70	0,90	0,71
Oeste - Sala drt	Duplo	5,82	0,56	0,63	0,52	0,70	0,90	0,67
Oeste - Suite	Duplo	2,72	0,56	0,63	0,52	0,70	0,90	0,32
Oeste - Quarto 4.8	Duplo	2,40	0,56	0,63	0,42	0,70	0,90	0,26
Norte - I.S. 4.9	Duplo	1,23	0,27	0,63	0,52	0,70	0,90	0,13
Este - Quarto 4.6 esq	Duplo	0,94	0,56	0,63	0,58	0,70	0,90	0,12
Este - Quarto 4.6 drt	Duplo	1,00	0,56	0,63	0,50	0,70	0,90	0,11
Este - Quarto 4.5	Duplo	3,82	0,56	0,63	0,39	0,70	0,90	0,41
Este - Cozinha	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,40	0,70	0,90	0,16
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,89

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona I3 do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

90

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

7,7

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

2004,65

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	7,70	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	111,88	(m ²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	2481,05	(kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 1,00

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

4485,70
17526,27

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	55,01
Coberturas exteriores	114,97
Pavimentos exteriores	0,00
Envidraçados exteriores	27,85
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	15,19
Coberturas interiores	0,53
Pavimentos interiores	0,00
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	213,55
	/
Volume (de FCIV.1d):	290,89
	=
FF	0,73

Graus-dias no local

(°C.dia)

(do Quadro III.1)

2820

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	115,89
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		140,32
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		147,78
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		198,21

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m2.ano)

140,32

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	113,10
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	10,10
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	76,43
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	59,34

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	258,96
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	2820,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	17526,27
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	4474,79
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	13051,48
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	111,88
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	116,66
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	140,32

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

83,1%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	33,91	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	43,20	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	76,43	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	59,34	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	212,87	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	212,87	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	3739,74	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL <i>(inclui paredes e cobertura)</i>							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	25,60	1,38	8,67	11,07	3,98	3,61	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,59	0,59	0,59	0,59	0,75	0,75	0,75
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	6,07	0,33	2,06	2,63	1,19	1,08	0,21
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	380	420	420	200	420	420
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0	0,04	0,04	0,04	0,04	0
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	48,58	4,97	34,55	44,11	9,52	18,16	3,52
							TOTAL
							163,42 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Suite	W Qua 4.8	N I.S. 4.9	E Qua 4.6 e	E Qua 4.6 d	E Qua 4.5	E Cozi- nha
Área, A (m ²)	6,05	5,82	2,72	2,40	1,23	0,94	1,00	3,82	1,50
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,71	0,70	0,97	0,95	1,00	0,79	0,84	0,65	0,74
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectivi- dade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,74	0,70	0,45	0,39	0,20	0,13	0,14	0,43	0,19
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	420	420	420	420	200	420	420	420	420
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envi- draçados Exteriores	311,13	291,98	189,89	164,09	39,67	53,56	60,11	179,47	79,57
									TOTAL
									1369,49 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/>	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	<input type="text" value="111,88"/>	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	<input type="text" value="1310,34"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	<input type="text" value="1369,49"/>	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	<input type="text" value="163,42"/>	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	<input type="text" value="1310,34"/>	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	<input type="text" value="2843,25"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2843,25	(kWh)
Perdas Térmicas Totais (FCV.1a)	3739,74	(kWh)
Relação Ganhos-Perdas	0,760279	
Inércia do edifício (In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	3	

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,90	
	=	
	0,10	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2843,25	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	283,83	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	(Ev=Pvx24x0,03x4(kWh))
	=	
TOTAL	283,83	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,88	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	2,54	(kWh/m ² .ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	16	(kWh/m ² .ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 15,9%

Cálculo intermédio:		
a = 4,2		
$\gamma = 1$	$\eta =$	0,81
$\gamma \neq 1$	$\eta =$	0,90

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	2344,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS , N_{ac}	16,99	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS , N_a	52,85	(kW.h/m ² .ano)

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	140,32	
Nic (kW.h/m ² .ano)	116,66	
Nv (kW.h/m ² .ano)	16	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	2,54	
Na (kW.h/m ² .ano)	52,85	
Nac (kW.h/m ² .ano)	16,99	
ηi	1	Art. 18.º - ponto 2
ηv	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
Ntc

4,87

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, Nt

8,54

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

57,0%

B

- Zona 2 – Solução 3 – Caso 1 – Piso 1

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	30,00	1,07	32,03
Alçado Sul	1,38	1,07	1,47
Alçado Este	9,56	1,07	10,20
Alçado Oeste	13,36	1,07	14,26
Alçado Norte - Ptp	3,67	0,93	3,41
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,93	0,00
Alçado Este - Ptp	2,71	0,93	2,51
Alçado Oeste - Ptp	3,47	0,93	3,22
	64,13	TOTAL	67,11

Pavimentos Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Sala + Suite	7,23	0,47	3,40
I.S. 1.8	2,20	0,49	1,09
	9,43	TOTAL	4,49

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimentos sobre locais não aquecidos	24,57	0,50	12,29
Fachada com Pavimentos Intermédios	31,07	0,10	3,11
Duas Paredes Verticais	7,80	0,15	1,17
Caixa de estore	9,60	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	24,10	0,20	4,82
Fachada com Varanda	17,05	0,40	6,82
	114,19	TOTAL	28,20

**Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	99,81
--------------	--------------

Folha de cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	1,56	0,60	10,64
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,72	0,60	1,07
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,22	0,68	0,30	1,68
Parede interior (hall e quarto 1.5 com patim)	15,96	1,56	0,30	7,46
Ponte térmica plana (hall com patim)	1,17	0,70	0,30	0,25
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	41,03		TOTAL	22,45

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Quartos, hall e sala	70,47	0,47	0,30	9,96
Instalações sanitárias e cozinha	16,39	0,49	0,30	2,43
	86,86		TOTAL	12,38

**Perdas pela envolvente interior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	34,83
--------------	-------

Folha de cálculo FC IV. 1c
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	6,56	2,7	17,71
Alçado Oeste - Cozinha	2,90	2,7	7,83
Alçado Oeste - Suite	3,10	2,7	8,37
Alçado Este - I.S. 1.8	1,90	3,7	7,03
Alçado Este - Quarto 1.6	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Quarto 1.5	1,50	2,7	4,05
	17,46	TOTAL	49,04

$$A_{env} / A_p = 18,1\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="96,3"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="250,4"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL		<i>(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)</i>	
Cumprir a NP 1037-1?	(S ou N)	<input type="text" value="S"/>	se SIM: RPH = <input type="text" value="0,6"/>
Se NÃO:			
Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="250,35"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="51,07"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	3,28	0,56	0,63	0,46	0,70	0,90	0,35
Oeste - Sala drt	Duplo	3,16	0,56	0,63	0,45	0,70	0,90	0,34
Oeste - Cozinha	Duplo	2,90	0,56	0,63	0,37	0,70	0,90	0,31
Oeste - Suite	Duplo	3,10	0,56	0,63	0,43	0,70	0,90	0,33
Este - I.S. 1.8	Duplo	1,90	0,56	0,63	0,58	0,70	0,90	0,24
Este - Quarto 1.6	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,43	0,70	0,90	0,16
Este - Quarto 1.5	Duplo	7,28	0,56	0,63	0,43	0,70	0,90	0,78
								0,00
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,52

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona I3 do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

90

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

7,7

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1745,44

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3) 4 (W/m²)

x

Duração da Estação de Aquecimento 7,70 (meses)

x

Área Útil de pavimento 96,29 (m²)

x

0,72

=

Ganhos Internos Brutos 2135,33 (kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 1,00

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

3880,76
15888,18

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	64,13
Coberturas exteriores	0,00
Pavimentos exteriores	9,43
Envidraçados exteriores	17,46
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	16,47
Coberturas interiores	0,00
Pavimentos interiores	26,06
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	133,55
	/
Volume (de FCIV.1d):	250,35
	=
FF	0,53

Graus-dias no local

(°C.dia)

(do Quadro III.1)

2820

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	115,89
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		119,38
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		130,52
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		198,21

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m².ano)

119,38

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	99,81
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	34,83
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	49,04
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	51,07

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	234,75
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	2820,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	15888,18
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	3872,88
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	12015,29
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	96,29
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	124,78
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	119,38

Não verifica

K.O.

Nic/Ni (%) =

104,5%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	67,11	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	4,49	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	49,04	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	51,07	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	171,72	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	171,72	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	3016,75	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (*inclui
paredes e cobertura*)

	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Orientação							
Área, A (m ²)	30,00	1,38	9,56	13,36	3,67	2,71	3,47
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	1,07	1,07	1,07	1,07	0,93	0,93	0,93
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	12,81	0,59	4,08	5,70	1,36	1,01	1,29
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	380	420	420	200	420	420
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	102,51	8,95	68,57	95,84	10,92	16,89	21,63
	TOTAL						
	325,30						(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Cozi- nha	W Suite	E I.S. 1.8	E Qua 1.6	E Qua 1.5
Área, A (m ²)	3,28	3,16	2,90	3,10	1,90	1,50	7,28
	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,77	0,73	0,65	0,87	0,86	0,64	0,71
	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,43	0,39	0,32	0,46	0,28	0,16	0,89
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	420	420	420	420	420	420	420
	=	=	=	=	=	=	=
	TOTAL						
	L						
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	182,03	164,78	136,33	194,11	117,60	69,09	372,00
	1235,95						
	(KWh)						

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/>	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	<input type="text" value="96,29"/>	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	<input type="text" value="1127,75"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	<input type="text" value="1235,95"/>	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	<input type="text" value="325,30"/>	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	<input type="text" value="1127,75"/>	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	<input type="text" value="2689,00"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 2689,00 (kWh)
(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 3016,75 (kWh)
(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 0,891356

Inércia do edifício (In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3) 3

		1	
		-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)		0,85	
		=	
		0,15	
		x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)		2689,00	(kWh)
		=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento		400,39	(kWh/ano)
		+	
Consumo dos ventiladores		0,00	($E_v = P_{vx} 24 \times 0,03 \times 4$ (kWh))
		=	
TOTAL		400,39	(kWh/ano)
		/	
Área Útil de Pavimento (m ²)		96,29	
		=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc		4,16	(kWh/m².ano)
		≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)		16	(kWh/m².ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 26,0%

Cálculo intermédio:		
a = 4,2		
$\gamma = 1$	$\eta =$	0,81
$\gamma \neq 1$	$\eta =$	0,85

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	4,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3056,51	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	1847,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	16,09	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	49,13	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	119,38	
Nic (kW.h/m ² .ano)	124,78	
Nv (kW.h/m ² .ano)	16	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	4,16	
Na (kW.h/m ² .ano)	49,13	
Nac (kW.h/m ² .ano)	16,09	
ηi	1	Art. 18.º - ponto 2
ηv	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
Ntc

5,04

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, Nt

7,85

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

64,2%

B

- Zona 2 – Solução 3 - Caso 1 – Piso 3

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	25,60	1,07	27,34
Alçado Sul	1,38	1,07	1,47
Alçado Este	10,99	1,07	11,74
Alçado Oeste	11,07	1,07	11,82
Alçado Norte - Ptp	3,98	0,93	3,70
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,93	0,00
Alçado Este - Ptp	3,61	0,93	3,36
Alçado Oeste - Ptp	0,70	0,93	0,65
	57,33	TOTAL	60,07

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimento Intermédio	41,60	0,10	4,16
Fachada com Varanda	22,68	0,40	9,07
Duas Paredes Verticais	5,20	0,15	0,78
Caixa de estore	10,95	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	27,38	0,20	5,48
	107,81	TOTAL	19,49

Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	79,56
--------------	--------------

Folha de cálculo FC IV.1b

Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	1,56	0,60	10,64
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,72	0,60	1,07
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,32	0,68	0,30	1,70
Parede interior (hall e cozinha com patim)	11,22	0,68	0,30	2,30
Ponte térmica plana (cozinha com patim)	1,77	0,72	0,30	0,38
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	37,00		TOTAL	17,45

Perdas pela envolvente interior**da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL 17,45**Folha de cálculo FC IV. 1c**

Perdas associadas aos vão envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	12,10	2,7	32,67
Alçado Oeste - Suite	2,72	2,7	7,34
Alçado Oeste - Quarto 3.8	2,40	2,7	6,48
Alçado Norte - I.S. 3.9	1,23	3,7	4,55
Alçado Este - Quarto 3.6	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Quarto 3.5	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Cozinha	4,08	2,7	11,02
	25,53	TOTAL	70,16

$$A_{env} / A_p = 22,8\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="111,8"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="290,7"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	<div>Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1</div> <div>RPH= <input type="text" value="0,6"/></div>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição (Ver Quadro IV.2)	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="290,65"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="59,29"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	3,14	0,56	0,63	0,41	0,70	0,90	0,34
Oeste - Sala drt	Duplo	8,84	0,56	0,63	0,47	0,70	0,90	0,93
Oeste - Suite	Duplo	2,72	0,56	0,63	0,52	0,70	0,90	0,32
Oeste - Quarto 3.8	Duplo	2,40	0,56	0,63	0,32	0,70	0,90	0,26
Norte - I.S. 3.9	Duplo	1,23	0,27	0,63	0,52	0,70	0,90	0,13
Este - Quarto 3.6	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,55	0,70	0,90	0,18
Este - Quarto 3.5	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,38	0,70	0,90	0,16
Este - Cozinha	Duplo	4,08	0,56	0,63	0,38	0,70	0,90	0,44
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,75

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona 13 do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

90

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

7,7

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1908,04

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	7,70	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	111,79	(m ²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	2479,06	(kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 1,00

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

4387,09
15326,99

Inércia do edifício:

a =

$\gamma =$

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	57,33
Coberturas exteriores	0,00
Pavimentos exteriores	0,00
Envidraçados exteriores	25,53
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	15,26
Coberturas interiores	0,00
Pavimentos interiores	0,00
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	98,13
	/
Volume (de FCIV.1d):	290,65
	=
FF	0,34

Graus-dias no local (°C.dia)	(do Quadro III.1)	2820
--	-------------------	------

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	115,89
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		98,95
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		112,05
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		198,21

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	115,89
---	--------

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	79,56
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	17,45
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	70,16
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	59,29

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	226,46
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	2820,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	15326,99
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	4370,70
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	10956,29
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	111,79
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	98,01
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	115,89

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

84,6%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	60,07	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	70,16	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	59,29	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	189,53	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	189,53	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	3329,62	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (<i>inclui paredes e cobertura</i>)							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	25,60	1,38	10,99	11,07	3,98	3,61	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	1,07	1,07	1,07	1,07	0,93	0,93	0,93
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	10,94	0,59	4,70	4,73	1,48	1,34	0,26
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	380	420	420	200	420	420
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	87,49	8,95	78,88	79,44	11,82	22,55	4,37
							TOTAL
							293,50 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Suite	W Qua 3.8	N I.S. 3.9	E Qua 3.6	E Qua 3.5	E Cozi- nha
Área, A (m ²)	3,14	8,84	2,72	2,40	1,23	1,50	1,50	4,08
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,71	0,77	0,97	0,64	1,00	0,97	0,65	0,74
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,38	1,16	0,45	0,26	0,20	0,25	0,17	0,52
	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	420	420	420	420	200	420	420	420
	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	160,57	488,73	189,89	109,94	39,67	104,72	70,47	216,44
								TOTAL
								1380,43 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/>	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	<input type="text" value="111,79"/>	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	<input type="text" value="1309,28"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	<input type="text" value="1380,43"/>	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	<input type="text" value="293,50"/>	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	<input type="text" value="1309,28"/>	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	<input type="text" value="2983,22"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 2983,22 (kWh)
(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 3329,62 (kWh)
(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 0,895965

Inércia do edifício *(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)* 3

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,85	
	=	
	0,15	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2983,22	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	449,60	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	($E_v = P_{vx} 24 \times 0,03 \times 4$ (kWh))
	=	
TOTAL	449,60	(kWh/ano)
	/	15326,99
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,79	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	4,02	(kWh/m².ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	16	(kWh/m².ano)

Verifica **O.K.**
Nvc/Nv (%) = 25,1%

Cálculo intermédio:		
a = 4,2		
$\gamma = 1$	$\eta =$	0,81
$\gamma \neq 1$	$\eta =$	0,85

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	2344,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	17,01	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	52,89	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	115,89	
Nic (kW.h/m ² .ano)	98,01	
Nv (kW.h/m ² .ano)	16	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	4,02	
Na (kW.h/m ² .ano)	52,89	
Nac (kW.h/m ² .ano)	17,01	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
Ntc

4,34

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, Nt

8,33

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

52,2%

B

- Zona 2 – Solução 3 - Caso 1 – Piso 4

Folha de cálculo FC IV. 1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes Exteriores <i>(incluindo pontes térmicas planas)</i>	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Norte	25,60	1,07	27,34
Alçado Sul	1,38	1,07	1,47
Alçado Este	8,67	1,07	9,26
Alçado Oeste	11,07	1,07	11,82
Alçado Norte - Ptp	3,98	0,93	3,70
Alçado Sul - Ptp	0,00	0,93	0,00
Alçado Este - Ptp	3,61	0,93	3,36
Alçado Oeste - Ptp	0,70	0,93	0,65
	55,01	TOTAL	57,60

Coberturas Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Cobertura	114,97	0,38	43,20
	114,97	TOTAL	43,20

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com Pavimento Intermédio	19,08	0,10	1,91
Fachada com Terraço	31,62	0,55	17,39
Fachada com Varanda	26,12	0,40	10,45
Duas Paredes Verticais	5,20	0,15	0,78
Caixa de estore	10,92	0,00	0,00
Fachada/Padieira ou Peitoril	27,32	0,20	5,46
	120,25	TOTAL	35,99

Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	136,78
--------------	--------

Folha de cálculo FC IV.1b

Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior (sala com edifício adjacente)	11,38	1,56	0,60	10,64
Ponte térmica plana (sala com edifício adjacente)	2,50	0,72	0,60	1,07
Parede de betão (sala e hall com caixa de elevador)	8,06	0,68	0,30	1,65
Parede interior (hall e cozinha com patim)	11,22	1,56	0,30	5,25
Ponte térmica plana (cozinha com patim)	1,77	0,72	0,30	0,38
Porta	1,80	2,50	0,30	1,35
	36,74		TOTAL	20,34

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Hall	1,76	0,38	0,30	0,20
	1,76		TOTAL	0,20

Perdas pela envolvente interior

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL 20,54

Folha de cálculo FC IV. 1c

Perdas associadas aos vão envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Alçado Oeste - Sala	12,10	2,7	32,67
Alçado Oeste - Suite	2,72	2,7	7,34
Alçado Oeste - Quarto 4.8	2,40	2,7	6,48
Alçado Norte - I.S. 4.9	1,23	3,7	4,55
Alçado Este - Quarto 4.6	3,82	2,7	10,31
Alçado Este - Quarto 4.5	1,50	2,7	4,05
Alçado Este - Cozinha	4,08	2,7	11,02
	27,85	TOTAL	76,43

$$A_{env} / A_p = 24,9\%$$

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="111,9"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="290,9"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1 RPH= <input type="text" value="0,6"/>
Caixas de Estore (S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4) <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap? (S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas? (S ou N)	<input type="text"/>	

Volume	<input type="text" value="290,89"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="59,34"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Oeste - Sala esq	Duplo	6,05	0,56	0,63	0,53	0,70	0,90	0,71
Oeste - Sala drt	Duplo	5,82	0,56	0,63	0,52	0,70	0,90	0,67
Oeste - Suite	Duplo	2,72	0,56	0,63	0,52	0,70	0,90	0,32
Oeste - Quarto 4.8	Duplo	2,40	0,56	0,63	0,42	0,70	0,90	0,26
Norte - I.S. 4.9	Duplo	1,23	0,27	0,63	0,52	0,70	0,90	0,13
Este - Quarto 4.6 esq	Duplo	0,94	0,56	0,63	0,58	0,70	0,90	0,12
Este - Quarto 4.6 drt	Duplo	1,00	0,56	0,63	0,50	0,70	0,90	0,11
Este - Quarto 4.5	Duplo	3,82	0,56	0,63	0,39	0,70	0,90	0,41
Este - Cozinha	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,40	0,70	0,90	0,16
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2,89

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na zona I3 do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

90

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

7,7

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

2004,65

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	7,70	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	111,88	(m ²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	2481,05	(kWh/ano)

Cálculo intermédio:

Se $\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

Se $\gamma \neq 1$ $\eta =$ 1,00

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

4485,70

19836,38

Inércia do edifício:

3

a =

4,2

$\gamma =$

0,23

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

1,00

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

4485,70

=

Ganhos Úteis Totais
(kWh/ano)

4478,95

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma	
De FCIV.1a e FCIV.1c: (Áreas)	m ²
Paredes exteriores	55,01
Coberturas exteriores	114,97
Pavimentos exteriores	0,00
Envidraçados exteriores	27,85
De FCIV.1b: (Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	15,19
Coberturas interiores	0,53
Pavimentos interiores	0,00
Envidraçados interiores	0,00
Área total:	213,55
	/
Volume (de FCIV.1d):	290,89
	=
FF	0,73

Graus-dias no local

(°C.dia)

(do Quadro III.1)

2820

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF £ 0,5	Auxiliar	115,89
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF £ 1		140,32
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF £ 1,5		147,78
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		198,21

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni
(kWh/m2.ano)

140,32

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	136,78
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	20,54
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	76,43
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	59,34

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	293,09
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	2820,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	19836,38
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	4478,95
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	15357,43
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	111,88
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	137,27
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	140,32

Verifica

O.K.

Nic/Ni (%) =

97,8%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	57,60	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	43,20	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	76,43	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	59,34	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	236,56	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	236,56	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	4155,89	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (<i>inclui paredes e cobertura</i>)							
Orientação	Paredes Exteriores em zona corrente				Pontes Térmicas Planas		
	N	S	E	W	N	E	W
Área, A (m ²)	25,60	1,38	8,67	11,07	3,98	3,61	0,70
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	1,07	1,07	1,07	1,07	0,93	0,93	0,93
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	10,94	0,59	3,70	4,73	1,48	1,34	0,26
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	380	420	420	200	420	420
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	87,49	8,95	62,23	79,44	11,82	22,55	4,37
							TOTAL
							276,85 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W Sala e	W Sala d	W Suite	W Qua 4.8	N I.S. 4.9	E Qua 4.6 e	E Qua 4.6 d	E Qua 4.5	E Cozi- nha
Área, A (m ²)	6,05	5,82	2,72	2,40	1,23	0,94	1,00	3,82	1,50
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envi- draçado (protecção solar activada a 70%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,71	0,70	0,97	0,95	1,00	0,79	0,84	0,65	0,74
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,74	0,70	0,45	0,39	0,20	0,13	0,14	0,43	0,19
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na esta- ção de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	420	420	420	420	200	420	420	420	420
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	311,13	291,98	189,89	164,09	39,67	53,56	60,11	179,47	79,57
									TOTAL
									1369,49 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e

Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/>	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	<input type="text" value="111,88"/>	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	<input type="text" value="1310,34"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	<input type="text" value="1369,49"/>	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	<input type="text" value="276,85"/>	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	<input type="text" value="1310,34"/>	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	<input type="text" value="2956,68"/>	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais 2956,68 (kWh)

(FCV.1f) /

Perdas Térmicas Totais 4155,89 (kWh)

(FCV.1a) =

Relação Ganhos-Perdas 0,711444

Inércia do edifício *(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)* 3

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,92	
	=	
	0,08	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	2956,68	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	246,09	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores	0,00	($E_v = P_v \times 24 \times 0,03 \times 4$ (kWh))
	=	
TOTAL	246,09	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)	111,88	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	2,20	(kWh/m².ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)	16	(kWh/m².ano)

Verifica

O.K.

Nvc/Nv (%) =

13,7%

Cálculo intermédio:

a = 4,2

$\gamma = 1$ $\eta =$ 0,81

$\gamma \neq 1$ $\eta =$ 0,92

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
E_{solar}	2344,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS , N_{ac}	16,99	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS , N_a	52,85	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	140,32	
Nic (kW.h/m ² .ano)	137,27	
Nv (kW.h/m ² .ano)	16	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	2,20	
Na (kW.h/m ² .ano)	52,85	
Nac (kW.h/m ² .ano)	16,99	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,
Ntc

5,46

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia
primária, Nt

8,54

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

64,0%

B

8.3. Anexo III

Folhas de cálculo do CTE

- Zona 1 – Solução 1 - Caso 2 – Piso 1

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios						
ZONA CLIMÁTICA C4						
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})						
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados	
Z	Suite 1.7	11,19	0,57	6,39		
	Instalação sanitária 1.8	5,27	0,57	3,01		
	Quarto 1.6	10,42	0,57	5,95	SA=	33,67
	Sala 1.4	3,12	0,57	1,78	SA·U=	19,86
	Suite 1.7 - ptp	1,08	0,75	0,81	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,59
	Instalação sanitária 1.8 - ptp	1,23	0,75	0,92		
	Quarto 1.6 - ptp	1,36	0,75	1,01		
E	Quarto 1.5	4,06	0,57	2,32		
	Quarto 1.6	5,06	0,57	2,89		
	Instalação sanitária 1.8	0,44	0,57	0,25		
	Quarto 1.5 - ptp	1,72	0,75	1,28	SA=	21,38
	Quarto 1.6 - ptp	0,73	0,75	0,54	SA·U=	13,58
	Instalação sanitária 1.8 - ptp	0,26	0,75	0,19	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,64
	Sala 1.4 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84		
	Hall 1.2 - patim ptp	3,79	0,70	2,65		
	Hall 1.2 - patim	1,17	0,54	0,63		
O	Suite 1.7	4,51	0,57	2,58		
	Cozinha 1.3	3,19	0,57	1,82	SA=	16,82
	Sala 1.4	5,65	0,57	3,23	SA·U=	10,21
	Suite 1.7 - ptp	1,49	0,75	1,11	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,61
	Cozinha 1.3 - ptp	0,67	0,75	0,50		
	Sala 1.4 - ptp	1,31	0,75	0,97		
S	Sala 1.4	1,38	0,57	0,79		
	Sala 1.4 - edificio adjacente	11,38	0,54	6,11	SA=	31,49
	Sala 1.4 - ptp	2,50	0,70	1,75	SA·U=	17,95
	Hall 1.2 - caixa de elevador	4,06	0,68	2,77	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,57
	Quarto 1.5 - patim	12,17	0,54	6,54		
SUELOS (U _{Sm})						
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados	
Instalações sanitarias e cozinha		18,59	0,66	12,19	SA=	96,29
Sala, quartos e hall		77,7	0,60	47,01	SA·U=	59,20
					U _{Sm} =SA·U/SA=	0,61

ZONA CLIMÁTICA		C4						
% de huecos		21						
HUECOS (U_{Hm} y F_{Hm})								
Tipos		A (m ²)	U	F	A·U	A·F (m ²)	Resultados	
E	Quarto 1.5	4,06	2,38	0,30	9,65	1,22	SA=	9,56
	Quarto 1.6	5,06	2,38	0,30	12,03	1,52	SA·U=	22,65
	Instalação sanitária 1.8	0,44	2,20	0,43	0,98	0,19	SA·F=	2,93
							$U_{Hm}=SA \cdot U/SA=$	2,37
							$F_{Hm}=SA \cdot F/SA=$	0,31
O	Suite 1.7	4,51	2,26	0,43	10,18	1,93	SA=	13,36
	Cozinha 1.3	3,19	2,28	0,36	7,28	1,16	SA·U=	35,22
	Sala 1.4	5,65	3,14	0,31	17,76	1,75	SA·F=	4,84
							$U_{Hm}=SA \cdot U/SA=$	2,64
							$F_{Hm}=SA \cdot F/SA=$	0,36

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C4		
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica			$U_{\text{maxprov}}^{(1)}$	$U_{\text{max}}^{(2)}$
Muros de fachada			0,75	0,95
Suelos			0,66	0,65
Vidrios de huecos y lucernarios			3,14	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	0,59	0,73	0,00	2,9		
E	0,64		2,37	3,3	0,31	0,54
O	0,61		2,64		0,36	
S	0,57		0,00	4,3	0,00	0,00

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Slim}^{(5)}$
0,61	0,5

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,86	$P_{sat,n}$	1167,61	1783,68	2204,69	2218,37
	f_{Rmin}	0,56	P_n	727,38	1163,19	1176,37	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,75	$P_{sat,n}$	1181,10	2043,38	2165,61	2183,21
	f_{Rmin}	0,56	P_n	625,52	653,90	1278,23	1285,32

- Zona 1 – Solução 1 - Caso 2 – Piso 3

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		C4			
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Z	Quarto 3.8	10,15	0,57	5,79	SA= 29,58 SA·U= 17,58 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,59
	Instalação sanitária 3.9	3,35	0,57	1,91	
	Quarto 3.6	10,02	0,57	5,72	
	Suite 3.7	2,08	0,57	1,19	
	Quarto 3.8 - ptp	1,08	0,75	0,81	
	Instalação sanitária 3.9 - ptp	1,14	0,75	0,85	
	Quarto 3.6 - ptp	1,76	0,75	1,31	
E	Cozinha 3.3	1,18	0,57	0,68	SA= 19,59 SA·U= 12,25 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,63
	Quarto 3.5	5,08	0,57	2,90	
	Quarto 3.6	4,73	0,57	2,70	
	Cozinha 3.3 - ptp	1,60	0,75	1,19	
	Quarto 3.5 - ptp	0,70	0,75	0,52	
	Quarto 3.6 - ptp	1,31	0,75	0,98	
	Sala 3.4 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84	
	Hall 3.2 - patim	0,83	0,54	0,44	
O	Quarto 3.8	4,05	0,57	2,31	SA= 11,77 SA·U= 6,84 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,58
	Suite 3.7	5,60	0,57	3,20	
	Sala 3.4	1,42	0,57	0,81	
	Quarto 3.8 - ptp	0,70	0,75	0,52	
S	Sala 3.4	1,38	0,57	0,79	SA= 31,59 SA·U= 18,31 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,58
	Sala 3.4 - edificio adjacente	11,38	0,54	6,11	
	Sala 3.4 - ptp	2,50	0,70	1,75	
	Hall 3.2 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84	
	Cozinha 3.3 - patim	10,40	0,54	5,58	
	Cozinha 3.3 - patim ptp	1,77	0,70	1,24	
SUELOS (U _{Sm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Instalações sanitarias e cozinha		18,84	0,66	12,35	SA= 111,79 SA·U= 68,59 U _{Sm} =SA·U/SA= 0,61
Sala, quartos e hall		92,95	0,60	56,23	

ZONA CLIMÁTICA			C4						
% de huecos			31						
HUECOS (U _{Hm} y F _{Hm})									
Tipos			A (m²)	U (W/m² °C)		A·U (W/°C)		Resultados	
Z	Instalação sanitária 3.9		1,23	2,40		2,95		SA=	1,23
								SA·U=	2,95
								U _{Hm} =SA·U/SA=	2,40
Tipos			A (m²)	U	F	A·U	A·F (m²)	Resultados	
E	Cozinha 3.3		4,08	2,17	0,42	8,84	1,71	SA=	7,08
	Quarto 3.5		1,50	2,38	0,42	3,57	0,63	SA·U=	15,98
	Quarto 3.6		1,50	2,38	0,37	3,57	0,56	SA·F=	2,90
								U _{Hm} =SA·U/SA=	2,26
								F _{Hm} =SA·F/SA=	0,41
O	Quarto 3.8		2,40	2,20	0,42	5,29	1,00	SA=	17,22
	Suite 3.7		2,72	2,29	0,42	6,23	1,15	SA·U=	36,99
	Sala 3.4		12,10	2,11	0,31	25,48	3,69	SA·F=	5,84
								U _{Hm} =SA·U/SA=	2,15
								F _{Hm} =SA·F/SA=	0,34

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C4	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		0,75	0,95
Suelos		0,66	0,65
Vidrios de huecos y lucernarios		2,40	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	0,59	0,73	2,49	2,6		
E	0,63		2,26	3,0	0,41	0,41
O	0,58		2,15		0,34	
S	0,58		0,00	3,9	0,00	0,57

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Slim}^{(5)}$
0,61	0,5

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,86	$P_{sat,n}$	1167,61	1783,68	2204,69	2218,37
	f_{Rmin}	0,56	P_n	727,38	1163,19	1176,37	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,81	$P_{sat,n}$	1181,10	2043,38	2165,61	2183,21
	f_{Rmin}	0,56	P_n	625,52	653,90	1278,23	1285,32

- Zona 1 – Solução 1 - Caso 2 – Piso 4

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA			C4			
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})						
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados	
Z	Quarto 4.8	10,15	0,57	5,79		
	Instalação sanitária 4.9	3,35	0,57	1,91		
	Quarto 4.6	10,02	0,57	5,72	SA=	29,58
	Suite 4.7	2,08	0,57	1,19	SA·U=	17,58
	Quarto 4.8 - ptp	1,08	0,75	0,81	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,59
	Instalação sanitária 4.9 - ptp	1,14	0,75	0,85		
	Quarto 4.6 - ptp	1,76	0,75	1,31		
E	Cozinha 4.3	1,18	0,57	0,68		
	Quarto 4.5	5,08	0,57	2,90		
	Quarto 4.6	2,41	0,57	1,37	SA=	17,40
	Cozinha 4.3 - ptp	1,60	0,75	1,19	SA·U=	11,01
	Quarto 4.5 - ptp	0,70	0,75	0,52	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,63
	Quarto 4.6 - ptp	1,31	0,75	0,98		
	Sala 4.4 - caixa de elevador	4,29	0,68	2,93		
	Hall 4.2 - patim	0,83	0,54	0,44		
O	Quarto 4.8	4,05	0,57	2,31	SA=	11,77
	Suite 4.7	5,60	0,57	3,20	SA·U=	6,84
	Sala 4.4	1,42	0,57	0,81	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,58
	Quarto 4.8 - ptp	0,70	0,75	0,52		
S	Sala 4.4	1,38	0,57	0,79		
	Sala 4.4 - edificio adjacente	11,38	0,54	6,11	SA=	31,20
	Sala 4.4 - ptp	2,50	0,70	1,75	SA·U=	18,04
	Hall 4.2 - caixa de elevador	3,77	0,68	2,57	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,58
	Cozinha 4.3 - patim	10,40	0,54	5,58		
	Cozinha 4.3 - patim ptp	1,77	0,70	1,24		
SUELOS (U _{Sm})						
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados	
Instalações sanitarias e cozinha		18,84	0,66	12,35	SA=	111,88
Sala, quartos e hall		93,04	0,60	56,29	SA·U=	68,64
					U _{Sm} =SA·U/SA=	0,61
CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (U _{Cm} y F _{Lm})						
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados	
Cobertura em Contacto com o Exterior		114,97	0,71	81,17	SA=	116,73
Cobertura em Contacto com o Interior		1,76	0,72	1,27	SA·U=	82,44
					U _{Cm} =SA·U/SA=	0,71

ZONA CLIMÁTICA			C4						
% de huecos			34						
HUECOS (U _{Hm} y F _{Hm})									
Tipos			A (m²)	U (W/m² °C)		A·U (W/°C)		Resultados	
Z	Instalação sanitária 4.9		1,23	2,40		2,95		SA=	1,23
								SA·U=	2,95
								U _{Hm} =SA·U/SA=	2,40
Tipos			A (m²)	U	F	A·U	A·F (m²)	Resultados	
E	Cozinha 4.3		4,08	2,17	0,42	8,84	1,71	SA=	9,40
	Quarto 4.5		1,50	2,38	0,40	3,57	0,60	SA·U=	24,51
	Quarto 4.6		3,82	3,17	0,29	12,10	1,12	SA·F=	3,43
								U _{Hm} =SA·U/SA=	2,61
								F _{Hm} =SA·F/SA=	0,36
O	Quarto 4.8		2,40	2,20	0,43	5,29	1,04	SA=	17,22
	Suite 4.7		2,72	2,29	0,42	6,23	1,15	SA·U=	36,99
	Sala 4.4		12,10	2,11	0,33	25,48	4,01	SA·F=	6,20
								U _{Hm} =SA·U/SA=	2,15
								F _{Hm} =SA·F/SA=	0,36

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C4	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		0,75	0,95
Suelos		0,66	0,65
Cubiertas		0,72	0,53
Vidrios de huecos y lucernarios		3,17	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	0,59	0,73	2,40	2,6		
E	0,63		2,61	3,0	0,36	0,41
O	0,58		2,15		0,36	
S	0,58		0,00	3,9	0,00	0,57

SUELOS		CUBIERTAS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Cm}^{(4)}$	$U_{Clim}^{(5)}$
0,61	0,5	0,71	0,41

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,86	$P_{sat,n}$	1167,61	1783,68	2204,69	2218,37
	f_{Rmin}	0,56	P_n	727,38	1163,19	1176,37	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,81	$P_{sat,n}$	1181,10	2043,38	2165,61	2183,21
	f_{Rmin}	0,56	P_n	625,52	653,90	1278,23	1285,32

- Zona 1 – Solução 1 - Caso 3 – Piso 1

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA			C4			
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})						
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados	
Z	Suite 1.7	11,19	0,57	6,39		
	Instalação sanitária 1.8	5,27	0,57	3,01		
	Quarto 1.6	10,42	0,57	5,95	SA=	33,67
	Sala 1.4	3,12	0,57	1,78	SA·U=	19,86
	Suite 1.7 - ptp	1,08	0,75	0,81	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,59
	Instalação sanitária 1.8 - ptp	1,23	0,75	0,92		
	Quarto 1.6 - ptp	1,36	0,75	1,01		
E	Quarto 1.5	4,06	0,57	2,32		
	Quarto 1.6	5,06	0,57	2,89		
	Instalação sanitária 1.8	0,44	0,57	0,25		
	Quarto 1.5 - ptp	1,72	0,75	1,28	SA=	21,38
	Quarto 1.6 - ptp	0,73	0,75	0,54	SA·U=	13,58
	Instalação sanitária 1.8 - ptp	0,26	0,75	0,19	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,64
	Sala 1.4 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84		
	Hall 1.2 - patim ptp	3,79	0,70	2,65		
	Hall 1.2 - patim	1,17	0,54	0,63		
O	Suite 1.7	4,51	0,57	2,58		
	Cozinha 1.3	3,19	0,57	1,82	SA=	16,06
	Sala 1.4	5,65	0,57	3,23	SA·U=	9,64
	Suite 1.7 - ptp	1,72	0,75	1,28	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,60
	Cozinha 1.3 - ptp	0,73	0,75	0,54		
	Sala 1.4 - ptp	0,26	0,75	0,19		
S	Sala 1.4	1,38	0,57	0,79		
		11,38	0,54	6,11	SA=	31,49
	Sala 1.4 - ptp	2,50	0,70	1,75	SA·U=	17,95
	Hall 1.2 - caixa de elevador	4,06	0,68	2,77	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,57
	Quarto 1.5 - patim	12,17	0,54	6,54		
SUELOS (U _{Sm})						
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados	
Instalações sanitarias e cozinha		18,59	0,49	9,17	SA=	96,29
Sala, quartos e hall		77,7	0,47	36,60	SA·U=	45,77
					U _{Sm} =SA·U/SA=	0,48

ZONA CLIMÁTICA			C4					
% de huecos			21					
HUECOS (U_{Hm} y F_{Hm})								
Tipos			A (m ²)	U	F	A·U	A·F (m ²)	Resultados
E	Quarto 1.5		4,06	2,38	0,30	9,65	1,22	SA= 9,56
	Quarto 1.6		5,06	2,38	0,30	12,03	1,52	SA·U= 22,65
	Instalação sanitária 1.8		0,44	2,20	0,43	0,98	0,19	SA·F= 2,93
								$U_{Hm}=SA \cdot U/SA=$ 2,37
								$F_{Hm}=SA \cdot F/SA=$ 0,31
O	Suite 1.7		4,51	2,26	0,43	10,18	1,93	SA= 13,36
	Cozinha 1.3		3,19	2,28	0,36	7,28	1,16	SA·U= 35,22
	Sala 1.4		5,65	3,14	0,31	17,76	1,75	SA·F= 4,84
								$U_{Hm}=SA \cdot U/SA=$ 2,64
								$F_{Hm}=SA \cdot F/SA=$ 0,36

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C4	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		0,75	0,95
Suelos		0,49	0,65
Vidrios de huecos y lucernarios		3,14	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	0,59	0,73	0,00	2,9		
E	0,64		2,37	3,3	0,31	0,54
O	0,60		2,64		0,36	
S	0,57		0,00	4,3	0,00	0,00

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Slim}^{(5)}$
0,48	0,5

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,86	$P_{sat,n}$	1167,61	1783,68	2204,69	2218,37
	f_{Rmin}	0,56	P_n	727,38	1163,19	1176,37	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,75	$P_{sat,n}$	1181,10	2043,38	2165,61	2183,21
	f_{Rmin}	0,56	P_n	625,52	653,90	1278,23	1285,32

- Zona 1 – Solução 1 - Caso 3 – Piso 3

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		C4				
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})						
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados	
Z	Quarto 3.8	10,15	0,57	5,79		
	Instalação sanitária 3.9	3,35	0,57	1,91		
	Quarto 3.6	10,02	0,57	5,72	SA=	29,58
	Suite 3.7	2,08	0,57	1,19	SA·U=	17,58
	Quarto 3.8 - ptp	1,08	0,75	0,81	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,59
	Instalação sanitária 3.9 - ptp	1,14	0,75	0,85		
	Quarto 3.6 - ptp	1,76	0,75	1,31		
E	Cozinha 3.3	1,18	0,57	0,68		
	Quarto 3.5	5,08	0,57	2,90		
	Quarto 3.6	4,73	0,57	2,70	SA=	19,59
	Cozinha 3.3 - ptp	1,60	0,75	1,19	SA·U=	12,25
	Quarto 3.5 - ptp	0,70	0,75	0,52	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,63
	Quarto 3.6 - ptp	1,31	0,75	0,98		
	Sala 3.4 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84		
Hall 3.2 - patim	0,83	0,54	0,44			
O	Quarto 3.8	4,05	0,57	2,31	SA=	11,77
	Suite 3.7	5,60	0,57	3,20	SA·U=	6,84
	Sala 3.4	1,42	0,57	0,81	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,58
	Quarto 3.8 - ptp	0,70	0,75	0,52		
S	Sala 3.4	1,38	0,57	0,79		
	Sala 3.4 - edificio adjacente	11,38	0,54	6,11	SA=	31,59
	Sala 3.4 - ptp	2,50	0,70	1,75	SA·U=	18,31
	Hall 3.2 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,58
	Cozinha 3.3 - patim	10,40	0,54	5,58		
	Cozinha 3.3 - patim ptp	1,77	0,70	1,24		
SUELOS (U _{Sm})						
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados	
Instalações sanitarias e cozinha		18,84	0,49	9,29	SA=	111,79
Sala, quartos e hall		92,95	0,47	43,78	SA·U=	53,07
					U _{Sm} =SA·U/SA=	0,47

ZONA CLIMÁTICA		C4						
% de huecos		31						
HUECOS (U _{Hm} y F _{Hm})								
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)		A·U (W/°C)		Resultados	
Z	Instalação sanitária 3.9	1,23	2,40		2,95		SA= 1,23	
							SA·U= 2,95	
							U _{Hm} =SA·U/SA= 2,40	
Tipos		A (m ²)	U	F	A·U	A·F (m ²)	Resultados	
E	Cozinha 3.3	4,08	2,17	0,42	8,84	1,71	SA= 7,08	
	Quarto 3.5	1,50	2,38	0,42	3,57	0,63	SA·U= 15,98	
	Quarto 3.6	1,50	2,38	0,37	3,57	0,56	SA·F= 2,90	
							U _{Hm} =SA·U/SA= 2,26	
							F _{Hm} =SA·F/SA= 0,41	
O	Quarto 3.8	2,40	2,20	0,42	5,29	1,00	SA= 17,22	
	Suite 3.7	2,72	2,29	0,42	6,23	1,15	SA·U= 36,99	
	Sala 3.4	12,10	2,11	0,31	25,48	3,69	SA·F= 5,84	
							U _{Hm} =SA·U/SA= 2,15	
							F _{Hm} =SA·F/SA= 0,34	

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C4	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		0,75	0,95
Suelos		0,49	0,65
Vidrios de huecos y lucernarios		2,40	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	0,59	0,73	2,40	2,6		
E	0,63		2,26	3,0	0,41	0,41
O	0,58		2,15		0,34	
S	0,58		0,00	3,9	0,00	0,00

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Slim}^{(5)}$
0,47	0,5

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS						
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales			
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,86	$P_{sat,n}$	1167,61	1783,68	2204,69
	f_{Rmin}	0,56	P_n	727,38	1163,19	1176,37
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,81	$P_{sat,n}$	1181,10	2043,38	2165,61
	f_{Rmin}	0,56	P_n	625,52	653,90	1278,23

- Zona 1 – Solução 1 - Caso 3 – Piso 4

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		C4				
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})						
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados	
Z	Quarto 4.8	10,15	0,57	5,79		
	Instalação sanitária 4.9	3,35	0,57	1,91		
	Quarto 4.6	10,02	0,57	5,72	SA=	29,58
	Suite 4.7	2,08	0,57	1,19	SA·U=	17,58
	Quarto 4.8 - ptp	1,08	0,75	0,81	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,59
	Instalação sanitária 4.9 - ptp	1,14	0,75	0,85		
	Quarto 4.6 - ptp	1,76	0,75	1,31		
E	Cozinha 4.3	1,18	0,57	0,68		
	Quarto 4.5	5,08	0,57	2,90		
	Quarto 4.6	2,41	0,57	1,37	SA=	17,40
	Cozinha 4.3 - ptp	1,60	0,75	1,19	SA·U=	11,01
	Quarto 4.5 - ptp	0,70	0,75	0,52	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,63
	Quarto 4.6 - ptp	1,31	0,75	0,98		
	Sala 4.4 - caixa de elevador	4,29	0,68	2,93		
	Hall 4.2 - patim	0,83	0,54	0,44		
O	Quarto 4.8	4,05	0,57	2,31	SA=	11,77
	Suite 4.7	5,60	0,57	3,20	SA·U=	6,84
	Sala 4.4	1,42	0,57	0,81	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,58
	Quarto 4.8 - ptp	0,70	0,75	0,52		
S	Sala 4.4	1,38	0,57	0,79		
	Sala 4.4 - edificio adjacente	11,38	0,54	6,11	SA=	31,20
	Sala 4.4 - ptp	2,50	0,70	1,75	SA·U=	18,04
	Hall 4.2 - caixa de elevador	3,77	0,68	2,57	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,58
	Cozinha 4.3 - patim	10,40	0,54	5,58		
	Cozinha 4.3 - patim ptp	1,77	0,70	1,24		
SUELOS (U _{Sm})						
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados	
Instalações sanitarias e cozinha		18,84	0,49	9,29	SA=	111,88
Sala, quartos e hall		93,04	0,47	43,82	SA·U=	53,12
					U _{Sm} =SA·U/SA=	0,47
CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (U _{Cm} y F _{Lm})						
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados	
Cobertura em Contacto com o Exterior		114,97	0,38	43,20	SA=	116,73
Cobertura em Contacto com o Interior		1,76	0,38	0,67	SA·U=	43,87
					U _{Cm} =SA·U/SA=	0,38

ZONA CLIMÁTICA		C4						
% de huecos		34						
HUECOS (U _{Hm} y F _{Hm})								
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)		A·U (W/°C)		Resultados	
Z	Instalação sanitária 4.9	1,23	2,40		2,95		SA=	1,23
							SA·U=	2,95
							U _{Hm} =SA·U/SA=	2,40
Tipos		A (m²)	U	F	A·U	A·F (m²)	Resultados	
E	Cozinha 4.3	4,08	2,17	0,42	8,84	1,71	SA=	9,40
	Quarto 4.5	1,50	2,38	0,40	3,57	0,60	SA·U=	24,51
	Quarto 4.6	3,82	3,17	0,29	12,10	1,12	SA·F=	3,43
							U _{Hm} =SA·U/SA=	2,61
							F _{Hm} =SA·F/SA=	0,36
O	Quarto 4.8	2,40	2,20	0,43	5,29	1,04	SA=	17,22
	Suite 4.7	2,72	2,29	0,42	6,23	1,15	SA·U=	36,99
	Sala 4.4	12,10	2,11	0,33	25,48	4,01	SA·F=	6,20
							U _{Hm} =SA·U/SA=	2,15
							F _{Hm} =SA·F/SA=	0,36

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C4	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		0,75	0,95
Suelos		0,49	0,65
Cubiertas		0,38	0,53
Vidrios de huecos y lucernarios		3,17	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	0,59	0,73	2,40	2,6		
E	0,63		2,61	3,0	0,36	0,41
O	0,58		2,15		0,36	
S	0,58		0,00	3,9	0,00	0,43

SUELOS		CUBIERTAS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Cm}^{(4)}$	$U_{Clim}^{(5)}$
0,47	0,5	0,38	0,41

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,86	$P_{sat,n}$	1167,61	1783,68	2204,69	2218,37
	f_{Rmin}	0,56	P_n	727,38	1163,19	1176,37	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,81	$P_{sat,n}$	1181,10	2043,38	2165,61	2183,21
	f_{Rmin}	0,56	P_n	625,52	653,90	1278,23	1285,32

- Zona 1 – Solução 2 - Caso 2 – Piso 1

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA			C4			
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})						
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados	
Z	Suite 1.7	11,19	0,59	6,64		
	Instalação sanitária 1.8	5,27	0,59	3,12		
	Quarto 1.6	10,42	0,59	6,18	SA=	33,67
	Sala 1.4	3,12	0,59	1,85	SA·U=	20,54
	Suite 1.7 - ptp	1,08	0,75	0,81	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,61
	Instalação sanitária 1.8 - ptp	1,23	0,75	0,92		
	Quarto 1.6 - ptp	1,36	0,75	1,02		
E	Quarto 1.5	4,06	0,59	2,41		
	Quarto 1.6	5,06	0,59	3,00		
	Instalação sanitária 1.8	0,44	0,59	0,26		
	Quarto 1.5 - ptp	1,72	0,75	1,29	SA=	21,38
	Quarto 1.6 - ptp	0,73	0,75	0,54	SA·U=	13,80
	Instalação sanitária 1.8 - ptp	0,26	0,75	0,19	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,65
	Sala 1.4 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84		
	Hall 1.2 - patim ptp	3,79	0,70	2,65		
Hall 1.2 - patim	1,17	0,54	0,63			
O	Suite 1.7	4,51	0,59	2,68		
	Cozinha 1.3	3,19	0,59	1,89	SA=	16,82
	Sala 1.4	5,65	0,59	3,35	SA·U=	10,51
	Suite 1.7 - ptp	1,49	0,75	1,11	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,62
	Cozinha 1.3 - ptp	0,67	0,75	0,50		
	Sala 1.4 - ptp	1,31	0,75	0,98		
S	Sala 1.4	1,38	0,59	0,82		
	Sala 1.4 - edificio adjacente	11,38	0,54	6,11	SA=	31,49
	Sala 1.4 - ptp	2,50	0,70	1,75	SA·U=	17,98
	Hall 1.2 - caixa de elevador	4,06	0,68	2,77	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,57
	Quarto 1.5 - patim	12,17	0,54	6,54		
SUELOS (U _{Sm})						
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados	
Instalações sanitarias e cozinha		18,59	0,49	9,17	SA=	96,29
Sala, quartos e hall		77,7	0,47	36,60	SA·U=	45,77
					U _{Sm} =SA·U/SA=	0,48

ZONA CLIMÁTICA			C4					
% de huecos			21					
HUECOS (U _{Hm} y F _{Hm})								
Tipos			A (m ²)	U	F	A·U	A·F (m ²)	Resultados
E	Quarto 1.5		4,06	2,38	0,30	9,65	1,22	SA= 9,56
	Quarto 1.6		5,06	2,38	0,30	12,03	1,52	SA·U= 22,65
	Instalação sanitária 1.8		0,44	2,20	0,43	0,98	0,19	SA·F= 2,93
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,37
								F _{Hm} =SA·F/SA= 0,31
O	Suite 1.7		4,51	2,26	0,43	10,18	1,93	SA= 13,36
	Cozinha 1.3		3,19	2,28	0,36	7,28	1,16	SA·U= 35,22
	Sala 1.4		5,65	3,14	0,31	17,76	1,75	SA·F= 4,84
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,64
								F _{Hm} =SA·F/SA= 0,36

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C4	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		0,75	0,95
Suelos		0,49	0,65
Vidrios de huecos y lucernarios		3,14	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	0,61	0,73	0,00	2,9		
E	0,65		2,37	3,3	0,31	0,54
O	0,62		2,64		0,36	
S	0,57		0,00	4,3	0,00	0,00

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Slim}^{(5)}$
0,48	0,5

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,85	$P_{sat,n}$	1163,19	1312,96	2203,23	2213,88
	f_{Rmin}	0,56	P_n	723,75	730,70	1180,00	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,75	$P_{sat,n}$	1173,54	2035,57	2169,34	2182,60
	f_{Rmin}	0,56	P_n	623,35	649,63	1280,40	1285,32

- Zona 1 – Solução 2 - Caso 2 – Piso 3

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		C4			
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})					
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Z	Quarto 3.8	10,15	0,59	6,02	SA= 29,58 SA·U= 18,16 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,61
	Instalação sanitária 3.9	3,35	0,59	1,99	
	Quarto 3.6	10,02	0,59	5,94	
	Suite 3.7	2,08	0,59	1,23	
	Quarto 3.8 - ptp	1,08	0,75	0,81	
	Instalação sanitária 3.9 - ptp	1,14	0,75	0,85	
	Quarto 3.6 - ptp	1,76	0,75	1,32	
E	Cozinha 3.3	1,18	0,59	0,70	SA= 19,59 SA·U= 12,50 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,64
	Quarto 3.5	5,08	0,59	3,01	
	Quarto 3.6	4,73	0,59	2,80	
	Cozinha 3.3 - ptp	1,60	0,75	1,20	
	Quarto 3.5 - ptp	0,70	0,75	0,52	
	Quarto 3.6 - ptp	1,31	0,75	0,98	
	Sala 3.4 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84	
	Hall 3.2 - patim	0,83	0,54	0,44	
O	Quarto 3.8	4,05	0,59	2,40	SA= 11,77 SA·U= 7,09 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,60
	Suite 3.7	5,60	0,59	3,32	
	Sala 3.4	1,42	0,59	0,84	
	Quarto 3.8 - ptp	0,70	0,75	0,52	
S	Sala 3.4	1,38	0,59	0,82	SA= 31,59 SA·U= 18,34 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,58
	Sala 3.4 - edificio adjacente	11,38	0,54	6,11	
	Sala 3.4 - ptp	2,50	0,70	1,75	
	Hall 3.2 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84	
	Cozinha 3.3 - patim	10,40	0,54	5,58	
	Cozinha 3.3 - patim ptp	1,77	0,70	1,24	
SUELOS (U _{Sm})					
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Instalações sanitarias e cozinha		18,84	0,49	9,29	SA= 111,79 SA·U= 53,07 U _{Sm} =SA·U/SA= 0,47
Sala, quartos e hall		92,95	0,47	43,78	

ZONA CLIMÁTICA			C4					
% de huecos			31					
HUECOS (U _{Hm} y F _{Hm})								
Tipos			A (m²)	U (W/m² °C)		A·U (W/°C)		Resultados
Z	Instalação sanitária 3.9		1,23	2,40		2,95		SA= 1,23
								SA·U= 2,95
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,40
Tipos			A (m²)	U	F	A·U	A·F (m²)	Resultados
E	Cozinha 3.3		4,08	2,17	0,42	8,84	1,71	SA= 7,08
	Quarto 3.5		1,50	2,38	0,42	3,57	0,63	SA·U= 15,98
	Quarto 3.6		1,50	2,38	0,37	3,57	0,56	SA·F= 2,90
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,26
								F _{Hm} =SA·F/SA= 0,41
O	Quarto 3.8		2,40	2,20	0,42	5,29	1,00	SA= 17,22
	Suite 3.7		2,72	2,29	0,42	6,23	1,15	SA·U= 36,99
	Sala 3.4		12,10	2,11	0,31	25,48	3,69	SA·F= 5,84
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,15
								F _{Hm} =SA·F/SA= 0,34

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C4	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		0,75	0,95
Suelos		0,49	0,65
Vidrios de huecos y lucernarios		2,40	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	0,61	0,73	2,40	2,6		
E	0,64		2,26	3,0	0,41	0,41
O	0,60		2,15		0,34	
S	0,58		0,00	3,9	0,00	0,57

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Slim}^{(5)}$
0,47	0,5

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,85	$P_{sat,n}$	1163,19	1312,96	2203,23	2213,88
	f_{Rmin}	0,56	P_n	723,75	730,70	1180,00	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,81	$P_{sat,n}$	1173,54	2035,57	2169,34	2182,60
	f_{Rmin}	0,56	P_n	623,35	649,63	1280,40	1285,32

- Zona 1 – Solução 2 - Caso 2 – Piso 4

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		C4				
MUROS (U_{Mm}) y (U_{Tm})						
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados	
Z	Quarto 4.8	10,15	0,59	6,02		
	Instalação sanitária 4.9	3,35	0,59	1,99		
	Quarto 4.6	10,02	0,59	5,94	SA=	29,58
	Suite 4.7	2,08	0,59	1,23	SA·U=	18,16
	Quarto 4.8 - ptp	1,08	0,75	0,81	$U_{Mm}=SA·U/SA=$	0,61
	Instalação sanitária 4.9 - ptp	1,14	0,75	0,85		
	Quarto 4.6 - ptp	1,76	0,75	1,32		
E	Cozinha 4.3	1,18	0,59	0,70		
	Quarto 4.5	5,08	0,59	3,01		
	Quarto 4.6	2,41	0,59	1,43	SA=	17,40
	Cozinha 4.3 - ptp	1,60	0,75	1,20	SA·U=	11,22
	Quarto 4.5 - ptp	0,70	0,75	0,52	$U_{Mm}=SA·U/SA=$	0,64
	Quarto 4.6 - ptp	1,31	0,75	0,98		
	Sala 4.4 - caixa de elevador	4,29	0,68	2,93		
	Hall 4.2 - patim	0,83	0,54	0,44		
O	Quarto 4.8	4,05	0,59	2,40	SA=	11,77
	Suite 4.7	5,60	0,59	3,32	SA·U=	7,09
	Sala 4.4	1,42	0,59	0,84	$U_{Mm}=SA·U/SA=$	0,60
	Quarto 4.8 - ptp	0,70	0,75	0,52		
S	Sala 4.4	1,38	0,59	0,82		
	Sala 4.4 - edificio adjacente	11,38	0,54	6,11	SA=	31,20
	Sala 4.4 - ptp	2,50	0,70	1,75	SA·U=	18,07
	Hall 4.2 - caixa de elevador	3,77	0,68	2,57	$U_{Mm}=SA·U/SA=$	0,58
	Cozinha 4.3 - patim	10,40	0,54	5,58		
	Cozinha 4.3 - patim ptp	1,77	0,70	1,24		
SUELOS (U_{Sm})						
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados	
Instalações sanitarias e cozinha		18,84	0,49	9,29	SA=	111,88
Sala, quartos e hall		93,04	0,47	43,82	SA·U=	53,12
					$U_{Sm}=SA·U/SA=$	0,47
CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (U_{Cm} y F_{Lm})						
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados	
Cobertura em Contacto com o Exterior		114,97	0,38	43,20	SA=	116,73
Cobertura em Contacto com o Interior		1,76	0,38	0,67	SA·U=	43,87
					$U_{Cm}=SA·U/SA=$	0,38

ZONA CLIMÁTICA			C4						
% de huecos			34						
HUECOS (U _{Hm} y F _{Hm})									
Tipos			A (m²)	U (W/m² °C)		A·U (W/°C)		Resultados	
Z	Instalação sanitária 4.9		1,23	2,40		2,95		SA= 1,23	
								SA·U= 2,95	
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,40	
Tipos			A (m²)	U	F	A·U	A·F (m²)	Resultados	
E	Cozinha 4.3		4,08	2,17	0,42	8,84	1,71	SA= 9,40	
	Quarto 4.5		1,50	2,38	0,40	3,57	0,60	SA·U= 24,51	
	Quarto 4.6		3,82	3,17	0,29	12,10	1,12	SA·F= 3,43	
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,61	
								F _{Hm} =SA·F/SA= 0,36	
O	Quarto 4.8		2,40	2,20	0,43	5,29	1,04	SA= 17,22	
	Suite 4.7		2,72	2,29	0,42	6,23	1,15	SA·U= 36,99	
	Sala 4.4		12,10	2,11	0,33	25,48	4,01	SA·F= 6,20	
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,15	
								F _{Hm} =SA·F/SA= 0,36	

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C4	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		0,75	0,95
Suelos		0,49	0,65
Cubiertas		0,38	0,53
Vidrios de huecos y lucernarios		3,17	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	0,61	0,73	2,40	2,6		
E	0,64		2,61	3,0	0,36	0,41
O	0,60		2,15		0,36	
S	0,58		0,00	3,9	0,00	0,57

SUELOS		CUBIERTAS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Cm}^{(4)}$	$U_{Clim}^{(5)}$
0,47	0,5	0,38	0,41

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,85	$P_{sat,n}$	1163,19	1312,96	2203,23	2213,88
	f_{Rmin}	0,56	P_n	723,75	730,70	1180,00	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,81	$P_{sat,n}$	1173,54	2035,57	2169,34	2182,60
	f_{Rmin}	0,56	P_n	623,35	649,63	1280,40	1285,32

- Zona 1 – Solução 3 - Caso 2 – Piso 1

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		C4			
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})					
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Z	Suite 1.7	11,19	1,07	11,95	SA= 33,67 SA·U= 35,45 U _{Mm} =SA·U/SA= 1,05
	Instalação sanitária 1.8	5,27	1,07	5,63	
	Quarto 1.6	10,42	1,07	11,13	
	Sala 1.4	3,12	1,07	3,33	
	Suite 1.7 - ptp	1,08	0,93	1,01	
	Instalação sanitária 1.8 - ptp	1,23	0,93	1,14	
	Quarto 1.6 - ptp	1,36	0,93	1,26	
E	Quarto 1.5	4,06	1,07	4,33	SA= 21,38 SA·U= 20,03 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,94
	Quarto 1.6	5,06	1,07	5,40	
	Instalação sanitária 1.8	0,44	1,07	0,47	
	Quarto 1.5 - ptp	1,72	0,93	1,60	
	Quarto 1.6 - ptp	0,73	0,93	0,67	
	Instalação sanitária 1.8 - ptp	0,26	0,93	0,24	
	Sala 1.4 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84	
	Hall 1.2 - patim ptp	3,79	0,70	2,65	
Hall 1.2 - patim	1,17	1,56	1,82		
O	Suite 1.7	4,51	1,07	4,82	SA= 16,82 SA·U= 17,48 U _{Mm} =SA·U/SA= 1,04
	Cozinha 1.3	3,19	1,07	3,41	
	Sala 1.4	5,65	1,07	6,04	
	Suite 1.7 - ptp	1,49	0,93	1,38	
	Cozinha 1.3 - ptp	0,67	0,93	0,62	
	Sala 1.4 - ptp	1,31	0,93	1,21	
S	Sala 1.4	1,38	1,07	1,47	SA= 31,49 SA·U= 42,72 U _{Mm} =SA·U/SA= 1,36
	Sala 1.4 - edificio adjacente	11,38	1,56	17,73	
	Sala 1.4 - ptp	2,50	0,72	1,79	
	Hall 1.2 - caixa de elevador	4,06	0,68	2,77	
	Quarto 1.5 - patim	12,17	1,56	18,96	
SUELOS (U _{Sm})					
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Instalações sanitarias e cozinha		18,59	0,49	9,17	SA= 96,29 SA·U= 45,77 U _{Sm} =SA·U/SA= 0,48
Sala, quartos e hall		77,7	0,47	36,60	

ZONA CLIMÁTICA			C4					
% de huecos			21					
HUECOS (U _{Hm} y F _{Hm})								
Tipos			A (m²)	U	F	A·U	A·F (m²)	Resultados
E	Quarto 1.5		4,06	2,38	0,30	9,65	1,22	SA= 9,56
	Quarto 1.6		5,06	2,38	0,30	12,03	1,52	SA·U= 22,65
	Instalação sanitária 1.8		0,44	2,20	0,43	0,98	0,19	SA·F= 2,93
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,37
								F _{Hm} =SA·F/SA= 0,31
O	Suite 1.7		4,51	2,26	0,43	10,18	1,93	SA= 13,36
	Cozinha 1.3		3,19	2,28	0,36	7,28	1,16	SA·U= 35,22
	Sala 1.4		5,65	3,14	0,31	17,76	1,75	SA·F= 4,84
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,64
								F _{Hm} =SA·F/SA= 0,36

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C4	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		1,56	0,95
Suelos		0,49	0,65
Vidrios de huecos y lucernarios		3,14	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	1,05	0,73	0,00	2,9		
E	0,94		2,37	3,3	0,31	0,54
O	1,04		2,64		0,36	
S	1,36		0,00	4,3	0,00	0,00

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Slim}^{(5)}$
0,48	0,5

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rsmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,73	$P_{sat,n}$	1195,09	1483,48	2119,43	
	f_{Rsmin}	0,56	P_n	904,40	923,28	1285,32	
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,93	$P_{sat,n}$	1185,68	1981,20	2130,47	2146,68
	f_{Rsmin}	0,56	P_n	623,83	645,46	1279,92	1285,32

- Zona 1 – Solução 3 - Caso 2 – Piso 3

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		C4			
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Z	Quarto 3.8	10,15	1,07	10,84	SA= 29,58 SA·U= 31,04 U _{Mm} =SA·U/SA= 1,05
	Instalação sanitária 3.9	3,35	1,07	3,58	
	Quarto 3.6	10,02	1,07	10,70	
	Suite 3.7	2,08	1,07	2,22	
	Quarto 3.8 - ptp	1,08	0,93	1,01	
	Instalação sanitária 3.9 - ptp	1,14	0,93	1,06	
	Quarto 3.6 - ptp	1,76	0,93	1,63	
E	Cozinha 3.3	1,18	1,07	1,26	SA= 19,59 SA·U= 19,22 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,98
	Quarto 3.5	5,08	1,07	5,42	
	Quarto 3.6	4,73	1,07	5,05	
	Cozinha 3.3 - ptp	1,60	0,93	1,49	
	Quarto 3.5 - ptp	0,70	0,93	0,65	
	Quarto 3.6 - ptp	1,31	0,93	1,22	
	Sala 3.4 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84	
	Hall 3.2 - patim	0,83	1,56	1,29	
O	Quarto 3.8	4,05	1,07	4,32	SA= 11,77 SA·U= 12,47 U _{Mm} =SA·U/SA= 1,06
	Suite 3.7	5,60	1,07	5,98	
	Sala 3.4	1,42	1,07	1,52	
	Quarto 3.8 - ptp	0,70	0,93	0,65	
S	Sala 3.4	1,38	1,07	1,47	SA= 31,59 SA·U= 41,30 U _{Mm} =SA·U/SA= 1,31
	Sala 3.4 - edificio adjacente	11,38	1,56	17,73	
	Sala 3.4 - ptp	2,50	0,72	1,79	
	Hall 3.2 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84	
	Cozinha 3.3 - patim	10,40	1,56	16,20	
	Cozinha 3.3 - patim ptp	1,77	0,72	1,27	
SUELOS (U _{Sm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Instalações sanitarias e cozinha		18,84	0,49	9,29	SA= 111,79 SA·U= 53,07 U _{Sm} =SA·U/SA= 0,47
Sala, quartos e hall		92,95	0,47	43,78	

ZONA CLIMÁTICA		C4					
% de huecos		31					
HUECOS (U_{Hm} y F_{Hm})							
Tipos		A (m^2)	U ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)		A·U ($W/^\circ C$)		Resultados
Z	Instalação sanitária 3.9	1,23	2,40		2,95		SA= 1,23
							SA·U= 2,95
							$U_{Hm}=SA \cdot U/SA=$ 2,40
Tipos		A (m^2)	U	F	A·U	A·F (m^2)	Resultados
E	Cozinha 3.3	4,08	2,17	0,42	8,84	1,71	SA= 7,08
	Quarto 3.5	1,50	2,38	0,42	3,57	0,63	SA·U= 15,98
	Quarto 3.6	1,50	2,38	0,37	3,57	0,56	SA·F= 2,90
							$U_{Hm}=SA \cdot U/SA=$ 2,26
							$F_{Hm}=SA \cdot F/SA=$ 0,41
O	Quarto 3.8	2,40	2,20	0,42	5,29	1,00	SA= 17,22
	Suite 3.7	2,72	2,29	0,42	6,23	1,15	SA·U= 36,99
	Sala 3.4	12,10	2,11	0,31	25,48	3,69	SA·F= 5,84
							$U_{Hm}=SA \cdot U/SA=$ 2,15
							$F_{Hm}=SA \cdot F/SA=$ 0,34

ZONA CLIMÁTICA		C4	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		U_{maxprov}⁽¹⁾	U_{max}⁽²⁾
Muros de fachada		1,56	0,95
Suelos		0,49	0,65
Vidrios de huecos y lucernarios		2,40	4,4

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Slim}^{(5)}$
0,47	0,5

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,73	$P_{sat,n}$	1195,09	1483,48	2101,01	2119,43
	f_{Rmin}	0,56	P_n	904,40	923,28	999,35	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,77	$P_{sat,n}$	1185,68	1981,20	2130,47	2146,68
	f_{Rmin}	0,56	P_n	623,83	645,46	1279,92	1285,32

- Zona 1 – Solução 3 - Caso 2 – Piso 4

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		C4			
MUROS (U_{Mm}) y (U_{Tm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Z	Quarto 4.8	10,15	1,07	10,84	
	Instalação sanitária 4.9	3,35	1,07	3,58	
	Quarto 4.6	10,02	1,07	10,70	SA= 29,58
	Suite 4.7	2,08	1,07	2,22	SA·U= 31,04
	Quarto 4.8 - ptp	1,08	0,93	1,01	$U_{Mm}=SA·U/SA=$ 1,05
	Instalação sanitária 4.9 - ptp	1,14	0,93	1,06	
	Quarto 4.6 - ptp	1,76	0,93	1,63	
E	Cozinha 4.3	1,18	1,07	1,26	
	Quarto 4.5	5,08	1,07	5,42	
	Quarto 4.6	2,41	1,07	2,57	SA= 17,40
	Cozinha 4.3 - ptp	1,60	0,93	1,49	SA·U= 16,83
	Quarto 4.5 - ptp	0,70	0,93	0,65	$U_{Mm}=SA·U/SA=$ 0,97
	Quarto 4.6 - ptp	1,31	0,93	1,22	
	Sala 4.4 - caixa de elevador	4,29	0,68	2,93	
	Hall 4.2 - patim	0,83	1,56	1,29	
O	Quarto 4.8	4,05	1,07	4,32	SA= 11,77
	Suite 4.7	5,60	1,07	5,98	SA·U= 12,47
	Sala 4.4	1,42	1,07	1,52	$U_{Mm}=SA·U/SA=$ 1,06
	Quarto 4.8 - ptp	0,70	0,93	0,65	
S	Sala 4.4	1,38	1,07	1,47	
	Sala 4.4 - edificio adjacente	11,38	1,56	17,73	SA= 31,20
	Sala 4.4 - ptp	2,50	0,72	1,79	SA·U= 41,04
	Hall 4.2 - caixa de elevador	3,77	0,68	2,57	$U_{Mm}=SA·U/SA=$ 1,32
	Cozinha 4.3 - patim	10,40	1,56	16,20	
	Cozinha 4.3 - patim ptp	1,77	0,72	1,27	
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Instalações sanitarias e cozinha		18,84	0,49	9,29	SA= 111,88
Sala, quartos e hall		93,04	0,47	43,82	SA·U= 53,12
					$U_{Sm}=SA·U/SA=$ 0,47
CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (U_{Cm} y F_{Lm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Cobertura em Contacto com o Exterior		114,97	0,38	43,20	SA= 116,73
Cobertura em Contacto com o Interior		1,76	0,38	0,67	SA·U= 43,87
					$U_{Cm}=SA·U/SA=$ 0,38

ZONA CLIMÁTICA		C4					
% de huecos		34					
HUECOS (U _{Hm} y F _{Hm})							
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)		A·U (W/°C)		Resultados
Z	Instalação sanitária 4.9	1,23	2,4		2,95		SA= 1,23
							SA·U= 2,95
							U _{Hm} =SA·U/SA= 2,40
Tipos		A (m²)	U	F	A·U	A·F (m²)	Resultados
E	Cozinha 4.3	4,08	2,17	0,42	8,84	1,71	SA= 9,40
	Quarto 4.5	1,50	2,38	0,40	3,57	0,60	SA·U= 24,51
	Quarto 4.6	3,82	3,17	0,29	12,10	1,12	SA·F= 3,43
							U _{Hm} =SA·U/SA= 2,61
							F _{Hm} =SA·F/SA= 0,36
O	Quarto 4.8	2,40	2,20	0,43	5,29	1,04	SA= 17,22
	Suite 4.7	2,72	2,29	0,42	6,23	1,15	SA·U= 36,99
	Sala 4.4	12,10	2,11	0,33	25,48	4,01	SA·F= 6,20
							U _{Hm} =SA·U/SA= 2,15
							F _{Hm} =SA·F/SA= 0,36

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C4	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		1,56	0,95
Suelos		0,49	0,65
Cubiertas		0,38	0,53
Vidrios de huecos y lucernarios		3,17	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	1,05	0,73	2,40	2,6		
E	0,97		2,61	3,0	0,36	0,41
O	1,06		2,15		0,36	
S	1,32		0,00	3,9	0,00	0,57

SUELOS		CUBIERTAS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Cm}^{(4)}$	$U_{Clim}^{(5)}$
0,47	0,5	0,38	0,41

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,73	$P_{sat,n}$	1195,09	1483,48	2101,01	2119,43
	f_{Rmin}	0,56	P_n	904,40	923,28	999,35	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,77	$P_{sat,n}$	1185,68	1981,20	2130,47	2146,68
	f_{Rmin}	0,56	P_n	623,83	645,46	1279,92	1285,32

- Zona 2 – Solução 1 - Caso 2 – Piso 1

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		C2				
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})						
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados	
Z	Suite 1.7	11,19	0,57	6,39		
	Instalação sanitária 1.8	5,27	0,57	3,01		
	Quarto 1.6	10,42	0,57	5,95	SA=	33,67
	Sala 1.4	3,12	0,57	1,78	SA·U=	19,86
	Suite 1.7 - ptp	1,08	0,75	0,81	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,59
	Instalação sanitária 1.8 - ptp	1,23	0,75	0,92		
	Quarto 1.6 - ptp	1,36	0,75	1,01		
E	Quarto 1.5	4,06	0,57	2,32		
	Quarto 1.6	5,06	0,57	2,89		
	Instalação sanitária 1.8	0,44	0,57	0,25		
	Quarto 1.5 - ptp	1,72	0,75	1,28	SA=	21,38
	Quarto 1.6 - ptp	0,73	0,75	0,54	SA·U=	13,58
	Instalação sanitária 1.8 - ptp	0,26	0,75	0,19	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,64
	Sala 1.4 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84		
	Hall 1.2 - patim ptp	3,79	0,70	2,65		
Hall 1.2 - patim	1,17	0,54	0,63			
O	Suite 1.7	4,51	0,57	2,58		
	Cozinha 1.3	3,19	0,57	1,82	SA=	16,82
	Sala 1.4	5,65	0,57	3,23	SA·U=	10,21
	Suite 1.7 - ptp	1,49	0,75	1,11	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,61
	Cozinha 1.3 - ptp	0,67	0,75	0,50		
	Sala 1.4 - ptp	1,31	0,75	0,97		
S	Sala 1.4	1,38	0,57	0,79		
	Sala 1.4 - edificio adjacente	11,38	0,54	6,11	SA=	31,49
	Sala 1.4 - ptp	2,50	0,70	1,75	SA·U=	17,95
	Hall 1.2 - caixa de elevador	4,06	0,68	2,77	U _{Mm} =SA·U/SA=	0,57
	Quarto 1.5 - patim	12,17	0,54	6,54		
SUELOS (U _{Sm})						
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados	
Instalações sanitarias e cozinha		18,59	0,66	12,19	SA=	96,29
Sala, quartos e hall		77,7	0,60	47,01	SA·U=	59,20
					U _{Sm} =SA·U/SA=	0,61

ZONA CLIMÁTICA			C2						
% de huecos			21						
HUECOS (U _{Hm} y F _{Hm})									
Tipos			A (m²)	U	F	A·U	A·F (m²)	Resultados	
E	Quarto 1.5		4,06	2,38	0,30	9,65	1,22	SA=	9,56
	Quarto 1.6		5,06	2,38	0,30	12,03	1,52	SA·U=	22,65
	Instalação sanitária 1.8		0,44	2,20	0,43	0,98	0,19	SA·F=	2,93
								U _{Hm} =SA·U/SA=	2,37
								F _{Hm} =SA·F/SA=	0,31
O	Suite 1.7		4,51	2,26	0,43	10,18	1,93	SA=	13,36
	Cozinha 1.3		3,19	2,28	0,36	7,28	1,16	SA·U=	35,22
	Sala 1.4		5,65	3,14	0,31	17,76	1,75	SA·F=	4,84
								U _{Hm} =SA·U/SA=	2,64
								F _{Hm} =SA·F/SA=	0,36

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C2	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		0,75	0,95
Suelos		0,66	0,65
Vidrios de huecos y lucernarios		3,14	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	0,59	0,73	0,00	2,9		
E	0,64		2,37	3,3	0,31	0,60
O	0,61		2,64		0,36	
S	0,57		0,00	4,3	0,00	0,00

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Sm}^{(4)}$
0,61	0,5

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,86	$P_{sat,n}$	1073,83	1728,08	2189,91	2205,07
	f_{Rmin}	0,56	P_n	683,56	1153,59	1167,81	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,75	$P_{sat,n}$	1087,81	2011,77	2146,62	2166,10
	f_{Rmin}	0,56	P_n	573,70	604,31	1277,67	1285,32

- Zona 2 – Solução 1 - Caso 2 – Piso 3

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		C2			
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Z	Quarto 3.8	10,15	0,57	5,79	SA= 29,58 SA·U= 17,58 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,59
	Instalação sanitária 3.9	3,35	0,57	1,91	
	Quarto 3.6	10,02	0,57	5,72	
	Suite 3.7	2,08	0,57	1,19	
	Quarto 3.8 - ptp	1,08	0,75	0,81	
	Instalação sanitária 3.9 - ptp	1,14	0,75	0,85	
	Quarto 3.6 - ptp	1,76	0,75	1,31	
E	Cozinha 3.3	1,18	0,57	0,68	SA= 19,59 SA·U= 12,25 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,63
	Quarto 3.5	5,08	0,57	2,90	
	Quarto 3.6	4,73	0,57	2,70	
	Cozinha 3.3 - ptp	1,60	0,75	1,19	
	Quarto 3.5 - ptp	0,70	0,75	0,52	
	Quarto 3.6 - ptp	1,31	0,75	0,98	
	Sala 3.4 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84	
	Hall 3.2 - patim	0,83	0,54	0,44	
O	Quarto 3.8	4,05	0,57	2,31	SA= 11,77 SA·U= 6,84 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,58
	Suite 3.7	5,60	0,57	3,20	
	Sala 3.4	1,42	0,57	0,81	
	Quarto 3.8 - ptp	0,70	0,75	0,52	
S	Sala 3.4	1,38	0,57	0,79	SA= 31,59 SA·U= 18,31 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,58
	Sala 3.4 - edificio adjacente	11,38	0,54	6,11	
	Sala 3.4 - ptp	2,50	0,70	1,75	
	Hall 3.2 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84	
	Cozinha 3.3 - patim	10,40	0,54	5,58	
	Cozinha 3.3 - patim ptp	1,77	0,70	1,24	
SUELOS (U _{Sm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Instalações sanitarias e cozinha		18,84	0,66	12,35	SA= 111,79 SA·U= 68,59 U _{Sm} =SA·U/SA= 0,61
Sala, quartos e hall		92,95	0,60	56,23	

ZONA CLIMÁTICA			C2						
% de huecos			31						
HUECOS (U _{Hm} y F _{Hm})									
Tipos			A (m²)	U (W/m² °C)		A·U (W/°C)		Resultados	
Z	Instalação sanitária 3.9		1,23	2,40		2,95		SA=	1,23
								SA·U=	2,95
								U _{Hm} =SA·U/SA=	2,40
Tipos			A (m²)	U	F	A·U	A·F (m²)	Resultados	
E	Cozinha 3.3		4,08	2,17	0,42	8,84	1,71	SA=	7,08
	Quarto 3.5		1,50	2,38	0,42	3,57	0,63	SA·U=	15,98
	Quarto 3.6		1,50	2,38	0,37	3,57	0,56	SA·F=	2,90
								U _{Hm} =SA·U/SA=	2,26
								F _{Hm} =SA·F/SA=	0,41
O	Quarto 3.8		2,40	2,20	0,42	5,29	1,00	SA=	17,22
	Suite 3.7		2,72	2,29	0,42	6,23	1,15	SA·U=	36,99
	Sala 3.4		12,10	2,11	0,31	25,48	3,69	SA·F=	5,84
								U _{Hm} =SA·U/SA=	2,15
								F _{Hm} =SA·F/SA=	0,34

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C2	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		0,75	0,95
Suelos		0,66	0,65
Vidrios de huecos y lucernarios		2,40	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	0,59	0,73	2,40	2,6		
E	0,63		2,26	3,0	0,41	0,47
O	0,58		2,15		0,34	
S	0,58		0,00	3,9	0,00	0,00

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Sm}^{(4)}$
0,61	0,5

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,86	$P_{sat,n}$	1073,83	1728,08	2189,91	2205,07
	f_{Rmin}	0,56	P_n	683,56	1153,59	1167,81	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,81	$P_{sat,n}$	1087,81	2011,77	2146,62	2166,10
	f_{Rmin}	0,56	P_n	573,70	604,31	1277,67	1285,32

- Zona 2 – Solução 1 - Caso 2 – Piso 4

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		C2			
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})					
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Z	Quarto 4.8	10,15	0,57	5,79	SA= 29,58 SA·U= 17,58 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,59
	Instalação sanitária 4.9	3,35	0,57	1,91	
	Quarto 4.6	10,02	0,57	5,72	
	Suite 4.7	2,08	0,57	1,19	
	Quarto 4.8 - ptp	1,08	0,75	0,81	
	Instalação sanitária 4.9 - ptp	1,14	0,75	0,85	
	Quarto 4.6 - ptp	1,76	0,75	1,31	
E	Cozinha 4.3	1,18	0,57	0,68	SA= 17,40 SA·U= 11,01 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,63
	Quarto 4.5	5,08	0,57	2,90	
	Quarto 4.6	2,41	0,57	1,37	
	Cozinha 4.3 - ptp	1,60	0,75	1,19	
	Quarto 4.5 - ptp	0,70	0,75	0,52	
	Quarto 4.6 - ptp	1,31	0,75	0,98	
	Sala 4.4 - caixa de elevador	4,29	0,68	2,93	
	Hall 4.2 - patim	0,83	0,54	0,44	
O	Quarto 4.8	4,05	0,57	2,31	SA= 11,77 SA·U= 6,84 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,58
	Suite 4.7	5,60	0,57	3,20	
	Sala 4.4	1,42	0,57	0,81	
	Quarto 4.8 - ptp	0,70	0,75	0,52	
S	Sala 4.4	1,38	0,57	0,79	SA= 31,20 SA·U= 18,04 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,58
	Sala 4.4 - edificio adjacente	11,38	0,54	6,11	
	Sala 4.4 - ptp	2,50	0,70	1,75	
	Hall 4.2 - caixa de elevador	3,77	0,68	2,57	
	Cozinha 4.3 - patim	10,40	0,54	5,58	
	Cozinha 4.3 - patim ptp	1,77	0,70	1,24	
SUELOS (U _{Sm})					
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Instalações sanitarias e cozinha		18,84	0,66	12,35	SA= 111,88 SA·U= 68,64 U _{Sm} =SA·U/SA= 0,61
Sala, quartos e hall		93,04	0,60	56,29	
CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (U _{Cm} y F _{Lm})					
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Cobertura em Contacto com o Exterior		114,97	0,71	81,17	SA= 116,73 SA·U= 82,44 U _{Cm} =SA·U/SA= 0,71
Cobertura em Contacto com o Interior		1,76	0,72	1,27	

ZONA CLIMÁTICA			C2				
% de huecos		34					
HUECOS (U _{Hm} y F _{Hm})							
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)		A·U (W/°C)		Resultados
Z	Instalação sanitária 4.9	1,23	2,40		2,95		SA= 1,23
							SA·U= 2,95
							U _{Hm} =SA·U/SA= 2,40
Tipos		A (m ²)	U	F	A·U	A·F (m ²)	Resultados
E	Cozinha 4.3	4,08	2,17	0,42	8,84	1,71	SA= 9,40
	Quarto 4.5	1,50	2,38	0,40	3,57	0,60	SA·U= 24,51
	Quarto 4.6	3,82	3,17	0,29	12,10	1,12	SA·F= 3,43
							U _{Hm} =SA·U/SA= 2,61
							F _{Hm} =SA·F/SA= 0,36
O	Quarto 4.8	2,40	2,20	0,43	5,29	1,04	SA= 17,22
	Suite 4.7	2,72	2,29	0,42	6,23	1,15	SA·U= 36,99
	Sala 4.4	12,10	2,11	0,33	25,48	4,01	SA·F= 6,20
							U _{Hm} =SA·U/SA= 2,15
							F _{Hm} =SA·F/SA= 0,36

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C2	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		0,75	0,95
Suelos		0,66	0,65
Cubiertas		0,72	0,53
Vidrios de huecos y lucernarios		3,17	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	0,59	0,73	2,40	2,6		
E	0,63		2,61	3,0	0,36	0,47
O	0,58		2,15		0,36	
S	0,58		0,00	3,9	0,00	0,00

SUELOS		CUBIERTAS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Cm}^{(4)}$	$U_{Clim}^{(5)}$
0,61	0,5	0,71	0,41

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,86	$P_{sat,n}$	1073,83	1728,08	2189,91	2205,07
	f_{Rmin}	0,56	P_n	683,56	1153,59	1167,81	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,81	$P_{sat,n}$	1087,81	2011,77	2146,62	2166,10
	f_{Rmin}	0,56	P_n	573,70	604,31	1277,67	1285,32

- Zona 2 – Solução 1 - Caso 3 – Piso 1

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		C2			
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Z	Suite 1.7	11,19	0,57	6,39	SA= 33,67 SA·U= 19,86 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,59
	Instalação sanitária 1.8	5,27	0,57	3,01	
	Quarto 1.6	10,42	0,57	5,95	
	Sala 1.4	3,12	0,57	1,78	
	Suite 1.7 - ptp	1,08	0,75	0,81	
	Instalação sanitária 1.8 - ptp	1,23	0,75	0,92	
	Quarto 1.6 - ptp	1,36	0,75	1,01	
E	Quarto 1.5	4,06	0,57	2,32	SA= 21,38 SA·U= 13,58 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,64
	Quarto 1.6	5,06	0,57	2,89	
	Instalação sanitária 1.8	0,44	0,57	0,25	
	Quarto 1.5 - ptp	1,72	0,75	1,28	
	Quarto 1.6 - ptp	0,73	0,75	0,54	
	Instalação sanitária 1.8 - ptp	0,26	0,75	0,19	
	Sala 1.4 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84	
	Hall 1.2 - patim ptp	3,79	0,70	2,65	
	Hall 1.2 - patim	1,17	0,54	0,63	
O	Suite 1.7	4,51	0,57	2,58	SA= 16,82 SA·U= 10,21 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,61
	Cozinha 1.3	3,19	0,57	1,82	
	Sala 1.4	5,65	0,57	3,23	
	Suite 1.7 - ptp	1,49	0,75	1,11	
	Cozinha 1.3 - ptp	0,67	0,75	0,50	
	Sala 1.4 - ptp	1,31	0,75	0,97	
S	Sala 1.4	1,38	0,57	0,79	SA= 31,49 SA·U= 17,95 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,57
	Sala 1.4 - edificio adjacente	11,38	0,54	6,11	
	Sala 1.4 - ptp	2,50	0,70	1,75	
	Hall 1.2 - caixa de elevador	4,06	0,68	2,77	
	Quarto 1.5 - patim	12,17	0,54	6,54	
SUELOS (U _{Sm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Instalações sanitarias e cozinha		18,59	0,49	9,17	SA= 96,29 SA·U= 45,77 U _{Sm} =SA·U/SA= 0,48
Sala, quartos e hall		77,7	0,47	36,60	

ZONA CLIMÁTICA			C2					
% de huecos			21					
HUECOS (U _{Hm} y F _{Hm})								
Tipos			A (m²)	U	F	A·U	A·F (m²)	Resultados
E	Quarto 1.5		4,06	2,38	0,30	9,65	1,22	SA= 9,56
	Quarto 1.6		5,06	2,38	0,30	12,03	1,52	SA·U= 22,65
	Instalação sanitária 1.8		0,44	2,20	0,43	0,98	0,19	SA·F= 2,93
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,37
								F _{Hm} =SA·F/SA= 0,31
O	Suite 1.7		4,51	2,26	0,43	10,18	1,93	SA= 13,36
	Cozinha 1.3		3,19	2,28	0,36	7,28	1,16	SA·U= 35,22
	Sala 1.4		5,65	3,14	0,31	17,76	1,75	SA·F= 4,84
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,64
								F _{Hm} =SA·F/SA= 0,36

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C2	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		0,75	0,95
Suelos		0,49	0,65
Vidrios de huecos y lucernarios		3,14	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	0,59	0,73	0,00	2,9		
E	0,64		2,37	3,3	0,31	0,60
O	0,61		2,64		0,36	
S	0,57		0,00	4,3	0,00	0,00

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Sm}^{(4)}$
0,48	0,5

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,86	$P_{sat,n}$	1073,83	1728,08	2189,91	2205,07
	f_{Rmin}	0,56	P_n	683,56	1153,59	1167,81	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,75	$P_{sat,n}$	1087,81	2011,77	2146,62	2166,10
	f_{Rmin}	0,56	P_n	573,70	604,31	1277,67	1285,32

- Zona 2 – Solução 1 - Caso 3 – Piso 3

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		C2			
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Z	Quarto 3.8	10,15	0,57	5,79	SA= 29,58 SA·U= 17,58 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,59
	Instalação sanitária 3.9	3,35	0,57	1,91	
	Quarto 3.6	10,02	0,57	5,72	
	Suite 3.7	2,08	0,57	1,19	
	Quarto 3.8 - ptp	1,08	0,75	0,81	
	Instalação sanitária 3.9 - ptp	1,14	0,75	0,85	
	Quarto 3.6 - ptp	1,76	0,75	1,31	
E	Cozinha 3.3	1,18	0,57	0,68	SA= 19,59 SA·U= 12,25 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,63
	Quarto 3.5	5,08	0,57	2,90	
	Quarto 3.6	4,73	0,57	2,70	
	Cozinha 3.3 - ptp	1,60	0,75	1,19	
	Quarto 3.5 - ptp	0,70	0,75	0,52	
	Quarto 3.6 - ptp	1,31	0,75	0,98	
	Sala 3.4 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84	
	Hall 3.2 - patim	0,83	0,54	0,44	
O	Quarto 3.8	4,05	0,57	2,31	SA= 11,77 SA·U= 6,84 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,58
	Suite 3.7	5,60	0,57	3,20	
	Sala 3.4	1,42	0,57	0,81	
	Quarto 3.8 - ptp	0,70	0,75	0,52	
S	Sala 3.4	1,38	0,57	0,79	SA= 31,59 SA·U= 18,31 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,58
	Sala 3.4 - edificio adjacente	11,38	0,54	6,11	
	Sala 3.4 - ptp	2,50	0,70	1,75	
	Hall 3.2 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84	
	Cozinha 3.3 - patim	10,40	0,54	5,58	
	Cozinha 3.3 - patim ptp	1,77	0,70	1,24	
SUELOS (U _{Sm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Instalações sanitarias e cozinha		18,84	0,49	9,29	SA= 111,79 SA·U= 53,07 U _{Sm} =SA·U/SA= 0,47
Sala, quartos e hall		92,95	0,47	43,78	

ZONA CLIMÁTICA			C2						
% de huecos			31						
HUECOS (U _{Hm} y F _{Hm})									
Tipos			A (m²)	U (W/m² °C)		A·U (W/°C)		Resultados	
Z	Instalação sanitária 3.9		1,23	2,40		2,95		SA= 1,23	
								SA·U= 2,95	
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,40	
Tipos			A (m²)	U	F	A·U	A·F (m²)	Resultados	
E	Cozinha 3.3		4,08	2,17	0,42	8,84	1,71	SA= 7,08	
	Quarto 3.5		1,50	2,38	0,42	3,57	0,63	SA·U= 15,98	
	Quarto 3.6		1,50	2,38	0,37	3,57	0,56	SA·F= 2,90	
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,26	
								F _{Hm} =SA·F/SA= 0,41	
O	Quarto 3.8		2,40	2,20	0,42	5,29	1,00	SA= 17,22	
	Suite 3.7		2,72	2,29	0,42	6,23	1,15	SA·U= 36,99	
	Sala 3.4		12,10	2,11	0,31	25,48	3,69	SA·F= 5,84	
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,15	
								F _{Hm} =SA·F/SA= 0,34	

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C2	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		0,75	0,95
Suelos		0,49	0,65
Vidrios de huecos y lucernarios		2,40	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	0,59	0,73	2,40	2,6		
E	0,63		2,26	3,0	0,41	0,47
O	0,58		2,15		0,34	
S	0,58		0,00	3,9	0,00	0,51

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Sm}^{(4)}$
0,47	0,5

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,86	$P_{sat,n}$	1073,83	1728,08	2189,91	2205,07
	f_{Rmin}	0,56	P_n	683,56	1153,59	1167,81	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,81	$P_{sat,n}$	1087,81	2011,77	2146,62	2166,10
	f_{Rmin}	0,56	P_n	573,70	604,31	1277,67	1285,32

- Zona 2 – Solução 1 - Caso 3 – Piso 4

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		C2			
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})					
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Z	Quarto 4.8	10,15	0,57	5,79	SA= 29,58 SA·U= 17,58 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,59
	Instalação sanitária 4.9	3,35	0,57	1,91	
	Quarto 4.6	10,02	0,57	5,72	
	Suite 4.7	2,08	0,57	1,19	
	Quarto 4.8 - ptp	1,08	0,75	0,81	
	Instalação sanitária 4.9 - ptp	1,14	0,75	0,85	
	Quarto 4.6 - ptp	1,76	0,75	1,31	
E	Cozinha 4.3	1,18	0,57	0,68	SA= 17,40 SA·U= 11,01 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,63
	Quarto 4.5	5,08	0,57	2,90	
	Quarto 4.6	2,41	0,57	1,37	
	Cozinha 4.3 - ptp	1,60	0,75	1,19	
	Quarto 4.5 - ptp	0,70	0,75	0,52	
	Quarto 4.6 - ptp	1,31	0,75	0,98	
	Sala 4.4 - caixa de elevador	4,29	0,68	2,93	
	Hall 4.2 - patim	0,83	0,54	0,44	
O	Quarto 4.8	4,05	0,57	2,31	SA= 11,77 SA·U= 6,84 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,58
	Suite 4.7	5,60	0,57	3,20	
	Sala 4.4	1,42	0,57	0,81	
	Quarto 4.8 - ptp	0,70	0,75	0,52	
S	Sala 4.4	1,38	0,57	0,79	SA= 31,20 SA·U= 18,04 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,58
	Sala 4.4 - edificio adjacente	11,38	0,54	6,11	
	Sala 4.4 - ptp	2,50	0,70	1,75	
	Hall 4.2 - caixa de elevador	3,77	0,68	2,57	
	Cozinha 4.3 - patim	10,40	0,54	5,58	
	Cozinha 4.3 - patim ptp	1,77	0,70	1,24	
SUELOS (U _{Sm})					
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Instalações sanitarias e cozinha		18,84	0,49	9,29	SA= 111,88 SA·U= 53,12 U _{Sm} =SA·U/SA= 0,47
Sala, quartos e hall		93,04	0,47	43,82	
CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (U _{Cm} y F _{Lm})					
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Cobertura em Contacto com o Exterior		114,97	0,38	43,20	SA= 116,73 SA·U= 43,87 U _{Cm} =SA·U/SA= 0,38
Cobertura em Contacto com o Interior		1,76	0,38	0,67	

ZONA CLIMÁTICA		C2					
% de huecos		34					
HUECOS (U _{Hm} y F _{Hm})							
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)		A·U (W/°C)		Resultados
Z	Instalação sanitária 4.9	1,23	2,40		2,95		SA= 1,23
							SA·U= 2,95
							U _{Hm} =SA·U/SA= 2,40
Tipos		A (m²)	U	F	A·U	A·F (m²)	Resultados
E	Cozinha 4.3	4,08	2,17	0,42	8,84	1,71	SA= 9,40
	Quarto 4.5	1,50	2,38	0,40	3,57	0,60	SA·U= 24,51
	Quarto 4.6	3,82	3,17	0,29	12,10	1,12	SA·F= 3,43
							U _{Hm} =SA·U/SA= 2,61
							F _{Hm} =SA·F/SA= 0,36
O	Quarto 4.8	2,40	2,20	0,43	5,29	1,04	SA= 17,22
	Suite 4.7	2,72	2,29	0,42	6,23	1,15	SA·U= 36,99
	Sala 4.4	12,10	2,11	0,33	25,48	4,01	SA·F= 6,20
							U _{Hm} =SA·U/SA= 2,15
							F _{Hm} =SA·F/SA= 0,36

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C2	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		0,75	0,95
Suelos		0,49	0,65
Cubiertas		0,38	0,53
Vidrios de huecos y lucernarios		3,17	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	0,59	0,73	2,40	2,6		
E	0,63		2,61	3,0	0,36	0,47
O	0,58		2,15		0,36	
S	0,58		0,00	3,9	0,00	0,51

SUELOS		CUBIERTAS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Cm}^{(4)}$	$U_{Clim}^{(5)}$
0,47	0,5	0,38	0,41

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,86	$P_{sat,n}$	1073,83	1728,08	2189,91	2205,07
	f_{Rmin}	0,56	P_n	683,56	1153,59	1167,81	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,81	$P_{sat,n}$	1087,81	2011,77	2146,62	2166,10
	f_{Rmin}	0,56	P_n	573,70	604,31	1277,67	1285,32

- Zona 2 – Solução 2 - Caso 2 – Piso 1

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		C2			
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Z	Suite 1.7	11,19	0,59	6,64	SA= 33,67 SA·U= 20,54 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,61
	Instalação sanitária 1.8	5,27	0,59	3,12	
	Quarto 1.6	10,42	0,59	6,18	
	Sala 1.4	3,12	0,59	1,85	
	Suite 1.7 - ptp	1,08	0,75	0,81	
	Instalação sanitária 1.8 - ptp	1,23	0,75	0,92	
	Quarto 1.6 - ptp	1,36	0,75	1,02	
E	Quarto 1.5	4,06	0,59	2,41	SA= 21,38 SA·U= 13,80 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,65
	Quarto 1.6	5,06	0,59	3,00	
	Instalação sanitária 1.8	0,44	0,59	0,26	
	Quarto 1.5 - ptp	1,72	0,75	1,29	
	Quarto 1.6 - ptp	0,73	0,75	0,54	
	Instalação sanitária 1.8 - ptp	0,26	0,75	0,19	
	Sala 1.4 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84	
	Hall 1.2 - patim ptp	3,79	0,70	2,65	
Hall 1.2 - patim	1,17	0,54	0,63		
O	Suite 1.7	4,51	0,59	2,68	SA= 16,82 SA·U= 10,51 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,62
	Cozinha 1.3	3,19	0,59	1,89	
	Sala 1.4	5,65	0,59	3,35	
	Suite 1.7 - ptp	1,49	0,75	1,11	
	Cozinha 1.3 - ptp	0,67	0,75	0,50	
	Sala 1.4 - ptp	1,31	0,75	0,98	
S	Sala 1.4	1,38	0,59	0,82	SA= 31,49 SA·U= 17,98 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,57
	Sala 1.4 - edificio adjacente	11,38	0,54	6,11	
	Sala 1.4 - ptp	2,50	0,70	1,75	
	Hall 1.2 - caixa de elevador	4,06	0,68	2,77	
	Quarto 1.5 - patim	12,17	0,54	6,54	
SUELOS (U _{Sm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Instalações sanitarias e cozinha		18,59	0,49	9,17	SA= 96,29 SA·U= 45,77 U _{Sm} =SA·U/SA= 0,48
Sala, quartos e hall		77,7	0,47	36,60	

ZONA CLIMÁTICA			C2					
% de huecos			21					
HUECOS (U _{Hm} y F _{Hm})								
Tipos			A (m²)	U	F	A·U	A·F (m²)	Resultados
E	Quarto 1.5		4,06	2,38	0,30	9,65	1,22	SA= 9,56
	Quarto 1.6		5,06	2,38	0,30	12,03	1,52	SA·U= 22,65
	Instalação sanitária 1.8		0,44	2,20	0,43	0,98	0,19	SA·F= 2,93
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,37
								F _{Hm} =SA·F/SA= 0,31
O	Suite 1.7		4,51	2,26	0,43	10,18	1,93	SA= 13,36
	Cozinha 1.3		3,19	2,28	0,36	7,28	1,16	SA·U= 35,22
	Sala 1.4		5,65	3,14	0,31	17,76	1,75	SA·F= 4,84
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,64
								F _{Hm} =SA·F/SA= 0,36

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C2	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		0,75	0,95
Suelos		0,49	0,65
Vidrios de huecos y lucernarios		3,14	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	0,61	0,73	0,00	2,9		
E	0,65		2,37	3,3	0,31	0,60
O	0,62		2,64		0,36	
S	0,57		0,00	4,3	0,00	0,00

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Sm}^{(4)}$
0,48	0,5

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,85	$P_{sat,n}$	1069,25	1225,40	2188,29	2200,09
	f_{Rmin}	0,56	P_n	679,64	687,14	1171,73	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,75	$P_{sat,n}$	1079,97	2003,18	2150,75	2165,42
	f_{Rmin}	0,56	P_n	571,36	599,71	1280,01	1285,32

- Zona 2 – Solução 2 - Caso 2 – Piso 3

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		C2			
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Z	Quarto 3.8	10,15	0,59	6,02	SA= 29,58 SA·U= 16,41 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,55
	Instalação sanitária 3.9	3,35	0,59	1,99	
	Quarto 3.6	10,02	0,59	5,94	
	Suite 3.7	2,08	0,59	1,23	
	Quarto 3.8 - ptp	1,08	0,31	0,34	
	Instalação sanitária 3.9 - ptp	1,14	0,31	0,35	
	Quarto 3.6 - ptp	1,76	0,31	0,54	
E	Cozinha 3.3	1,18	0,59	0,70	SA= 19,59 SA·U= 10,92 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,56
	Quarto 3.5	5,08	0,59	3,01	
	Quarto 3.6	4,73	0,59	2,80	
	Cozinha 3.3 - ptp	1,60	0,31	0,50	
	Quarto 3.5 - ptp	0,70	0,31	0,22	
	Quarto 3.6 - ptp	1,31	0,31	0,41	
	Sala 3.4 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84	
Hall 3.2 - patim	0,83	0,54	0,44		
O	Quarto 3.8	4,05	0,59	2,40	SA= 11,77 SA·U= 6,78 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,58
	Suite 3.7	5,60	0,59	3,32	
	Sala 3.4	1,42	0,59	0,84	
	Quarto 3.8 - ptp	0,70	0,31	0,22	
S	Sala 3.4	1,38	0,59	0,82	SA= 31,59 SA·U= 18,34 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,58
	Sala 3.4 - edificio adjacente	11,38	0,54	6,11	
	Sala 3.4 - ptp	2,50	0,70	1,75	
	Hall 3.2 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84	
	Cozinha 3.3 - patim	10,40	0,54	5,58	
	Cozinha 3.3 - patim ptp	1,77	0,70	1,24	
SUELOS (U _{Sm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Instalações sanitarias e cozinha		18,84	0,49	9,29	SA= 111,79 SA·U= 53,07 U _{Sm} =SA·U/SA= 0,47
Sala, quartos e hall		92,95	0,47	43,78	

ZONA CLIMÁTICA			C2					
% de huecos			31					
HUECOS (U _{Hm} y F _{Hm})								
Tipos			A (m²)	U (W/m² °C)		A·U (W/°C)		Resultados
Z	Instalação sanitária 3.9		1,23	2,40		2,95		SA= 1,23
								SA·U= 2,95
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,40
Tipos			A (m²)	U	F	A·U	A·F (m²)	Resultados
E	Cozinha 3.3		4,08	2,17	0,42	8,84	1,71	SA= 7,08
	Quarto 3.5		1,50	2,38	0,42	3,57	0,63	SA·U= 15,98
	Quarto 3.6		1,50	2,38	0,37	3,57	0,56	SA·F= 2,90
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,26
								F _{Hm} =SA·F/SA= 0,41
O	Quarto 3.8		2,40	2,20	0,42	5,29	1,00	SA= 17,22
	Suite 3.7		2,72	2,29	0,42	6,23	1,15	SA·U= 36,99
	Sala 3.4		12,10	2,11	0,31	25,48	3,69	SA·F= 5,84
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,15
								F _{Hm} =SA·F/SA= 0,34

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C2	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		0,68	0,95
Suelos		0,49	0,65
Vidrios de huecos y lucernarios		2,40	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	0,55	0,73	2,40	2,6		
E	0,56		2,26	3,0	0,41	0,47
O	0,58		2,15		0,34	
S	0,58		0,00	3,9	0,00	0,00

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Sm}^{(4)}$
0,47	0,5

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rsmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,85	$P_{sat,n}$	1069,25	1225,40	2188,29	2200,09
	f_{Rsmin}	0,56	P_n	679,64	687,14	1171,73	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,81	$P_{sat,n}$	1079,97	2003,18	2150,75	2165,42
	f_{Rsmin}	0,56	P_n	571,36	599,71	1280,01	1285,32

- Zona 2 – Solução 2 - Caso 2 – Piso 4

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		C2			
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})					
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Z	Quarto 4.8	10,15	0,59	6,02	SA= 29,58 SA·U= 18,16 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,61
	Instalação sanitária 4.9	3,35	0,59	1,99	
	Quarto 4.6	10,02	0,59	5,94	
	Suite 4.7	2,08	0,59	1,23	
	Quarto 4.8 - ptp	1,08	0,75	0,81	
	Instalação sanitária 4.9 - ptp	1,14	0,75	0,85	
	Quarto 4.6 - ptp	1,76	0,75	1,32	
E	Cozinha 4.3	1,18	0,59	0,70	SA= 17,40 SA·U= 11,22 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,64
	Quarto 4.5	5,08	0,59	3,01	
	Quarto 4.6	2,41	0,59	1,43	
	Cozinha 4.3 - ptp	1,60	0,75	1,20	
	Quarto 4.5 - ptp	0,70	0,75	0,52	
	Quarto 4.6 - ptp	1,31	0,75	0,98	
	Sala 4.4 - caixa de elevador	4,29	0,68	2,93	
	Hall 4.2 - patim	0,83	0,54	0,44	
O	Quarto 4.8	4,05	0,59	2,40	SA= 11,77 SA·U= 7,09 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,60
	Suite 4.7	5,60	0,59	3,32	
	Sala 4.4	1,42	0,59	0,84	
	Quarto 4.8 - ptp	0,70	0,75	0,52	
S	Sala 4.4	1,38	0,59	0,82	SA= 31,20 SA·U= 18,07 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,58
	Sala 4.4 - edificio adjacente	11,38	0,54	6,11	
	Sala 4.4 - ptp	2,50	0,70	1,75	
	Hall 4.2 - caixa de elevador	3,77	0,68	2,57	
	Cozinha 4.3 - patim	10,40	0,54	5,58	
	Cozinha 4.3 - patim ptp	1,77	0,70	1,24	
SUELOS (U _{Sm})					
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Instalações sanitarias e cozinha		18,84	0,49	9,29	SA= 111,88 SA·U= 53,12 U _{Sm} =SA·U/SA= 0,47
Sala, quartos e hall		93,04	0,47	43,82	
CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (U _{Cm} y F _{Lm})					
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Cobertura em Contacto com o Exterior		114,97	0,38	43,20	SA= 116,73 SA·U= 43,87 U _{Cm} =SA·U/SA= 0,38
Cobertura em Contacto com o Interior		1,76	0,38	0,67	

ZONA CLIMÁTICA			C2					
% de huecos			34					
HUECOS (U _{Hm} y F _{Hm})								
Tipos			A (m²)	U (W/m² °C)		A·U (W/°C)		Resultados
Z	Instalação sanitária 4.9		1,23	2,40		2,95		SA= 1,23
								SA·U= 2,95
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,40
Tipos			A (m²)	U	F	A·U	A·F (m²)	Resultados
W	Cozinha 4.3		4,08	2,17	0,42	8,84	1,71	SA= 9,40
	Quarto 4.5		1,50	2,38	0,40	3,57	0,60	SA·U= 24,51
	Quarto 4.6		3,82	3,17	0,29	12,10	1,12	SA·F= 3,43
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,61
								F _{Hm} =SA·F/SA= 0,36
O	Quarto 4.8		2,40	2,20	0,43	5,29	1,04	SA= 17,22
	Suite 4.7		2,72	2,29	0,42	6,23	1,15	SA·U= 36,99
	Sala 4.4		12,10	2,11	0,33	25,48	4,01	SA·F= 6,20
								U _{Hm} =SA·U/SA= 2,15
								F _{Hm} =SA·F/SA= 0,36

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C2	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		0,75	0,95
Suelos		0,49	0,65
Cubiertas		0,38	0,53
Vidrios de huecos y lucernarios		3,17	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	0,61	0,73	2,40	2,6		
E	0,64		2,61	3,0	0,36	0,47
O	0,60		2,15		0,36	
S	0,58		0,00	3,9	0,00	0,00

SUELOS		CUBIERTAS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Cm}^{(4)}$	$U_{Clim}^{(5)}$
0,47	0,5	0,38	0,41

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,85	$P_{sat,n}$	1069,25	1225,40	2188,29	2200,09
	f_{Rmin}	0,56	P_n	679,64	687,14	1171,73	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,81	$P_{sat,n}$	1079,97	2003,18	2150,75	2165,42
	f_{Rmin}	0,56	P_n	571,36	599,71	1280,01	1285,32

- Zona 2 – Solução 3 - Caso 2 – Piso 1

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		C2			
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Z	Suite 1.7	11,19	1,07	11,95	SA= 33,67 SA·U= 35,45 U _{Mm} =SA·U/SA= 1,05
	Instalação sanitária 1.8	5,27	1,07	5,63	
	Quarto 1.6	10,42	1,07	11,13	
	Sala 1.4	3,12	1,07	3,33	
	Suite 1.7 - ptp	1,08	0,93	1,01	
	Instalação sanitária 1.8 - ptp	1,23	0,93	1,14	
	Quarto 1.6 - ptp	1,36	0,93	1,26	
E	Quarto 1.5	4,06	1,07	4,33	SA= 21,38 SA·U= 20,03 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,94
	Quarto 1.6	5,06	1,07	5,40	
	Instalação sanitária 1.8	0,44	1,07	0,47	
	Quarto 1.5 - ptp	1,72	0,93	1,60	
	Quarto 1.6 - ptp	0,73	0,93	0,67	
	Instalação sanitária 1.8 - ptp	0,26	0,93	0,24	
	Sala 1.4 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84	
	Hall 1.2 - patim ptp	3,79	0,70	2,65	
	Hall 1.2 - patim	1,17	1,56	1,82	
O	Suite 1.7	4,51	1,07	4,82	SA= 16,82 SA·U= 17,48 U _{Mm} =SA·U/SA= 1,04
	Cozinha 1.3	3,19	1,07	3,41	
	Sala 1.4	5,65	1,07	6,04	
	Suite 1.7 - ptp	1,49	0,93	1,38	
	Cozinha 1.3 - ptp	0,67	0,93	0,62	
	Sala 1.4 - ptp	1,31	0,93	1,21	
S	Sala 1.4	1,38	1,07	1,47	SA= 31,49 SA·U= 42,72 U _{Mm} =SA·U/SA= 1,36
	Sala 1.4 - edificio adjacente	11,38	1,56	17,73	
	Sala 1.4 - ptp	2,50	0,72	1,79	
	Hall 1.2 - caixa de elevador	4,06	0,68	2,77	
	Quarto 1.5 - patim	12,17	1,56	18,96	
SUELOS (U _{Sm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Instalações sanitarias e cozinha		18,59	0,49	9,17	SA= 96,29 SA·U= 45,77 U _{Sm} =SA·U/SA= 0,48
Sala, quartos e hall		77,7	0,47	36,60	

ZONA CLIMÁTICA			C2					
% de huecos			21					
HUECOS (U_{Hm} y F_{Hm})								
Tipos			A (m ²)	U	F	A·U	A·F (m ²)	Resultados
E	Quarto 1.5		4,06	2,38	0,30	9,65	1,22	SA= 9,56
	Quarto 1.6		5,06	2,38	0,30	12,03	1,52	SA·U= 22,65
	Instalação sanitária 1.8		0,44	2,20	0,43	0,98	0,19	SA·F= 2,93
								$U_{Hm}=SA \cdot U/SA=$ 2,37
								$F_{Hm}=SA \cdot F/SA=$ 0,31
O	Suite 1.7		4,51	2,26	0,43	10,18	1,93	SA= 13,36
	Cozinha 1.3		3,19	2,28	0,36	7,28	1,16	SA·U= 35,22
	Sala 1.4		5,65	3,14	0,31	17,76	1,75	SA·F= 4,84
								$U_{Hm}=SA \cdot U/SA=$ 2,64
								$F_{Hm}=SA \cdot F/SA=$ 0,36

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C2	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		1,56	0,95
Suelos		0,49	0,65
Vidrios de huecos y lucernarios		3,14	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	1,05	0,73	0,00	2,9		
E	0,94		2,37	3,3	0,31	0,60
O	1,04		2,64		0,36	
S	1,36		0,00	4,3	0,00	0,00

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Sm}^{(4)}$
0,48	0,5

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,73	$P_{sat,n}$	1102,34	1405,56	2095,58	
	f_{Rmin}	0,56	P_n	874,48	894,84	1285,32	
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,93	$P_{sat,n}$	1092,57	1943,49	2107,77	2125,69
	f_{Rmin}	0,56	P_n	571,88	595,21	1279,49	1285,32

- Zona 2 – Solução 3 - Caso 2 – Piso 3

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		C2			
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Z	Quarto 3.8	10,15	1,07	10,84	SA= 29,58 SA·U= 31,04 U _{Mm} =SA·U/SA= 1,05
	Instalação sanitária 3.9	3,35	1,07	3,58	
	Quarto 3.6	10,02	1,07	10,70	
	Suite 3.7	2,08	1,07	2,22	
	Quarto 3.8 - ptp	1,08	0,93	1,01	
	Instalação sanitária 3.9 - ptp	1,14	0,93	1,06	
	Quarto 3.6 - ptp	1,76	0,93	1,63	
E	Cozinha 3.3	1,18	1,07	1,26	SA= 19,59 SA·U= 19,22 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,98
	Quarto 3.5	5,08	1,07	5,42	
	Quarto 3.6	4,73	1,07	5,05	
	Cozinha 3.3 - ptp	1,60	0,93	1,49	
	Quarto 3.5 - ptp	0,70	0,93	0,65	
	Quarto 3.6 - ptp	1,31	0,93	1,22	
	Sala 3.4 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84	
	Hall 3.2 - patim	0,83	1,56	1,29	
O	Quarto 3.8	4,05	1,07	4,32	SA= 11,77 SA·U= 12,47 U _{Mm} =SA·U/SA= 1,06
	Suite 3.7	5,60	1,07	5,98	
	Sala 3.4	1,42	1,07	1,52	
	Quarto 3.8 - ptp	0,70	0,93	0,65	
S	Sala 3.4	1,38	1,07	1,47	SA= 31,59 SA·U= 41,30 U _{Mm} =SA·U/SA= 1,31
	Sala 3.4 - edificio adjacente	11,38	1,56	17,73	
	Sala 3.4 - ptp	2,50	0,72	1,79	
	Hall 3.2 - caixa de elevador	4,16	0,68	2,84	
	Cozinha 3.3 - patim	10,40	1,56	16,20	
	Cozinha 3.3 - patim ptp	1,77	0,72	1,27	
SUELOS (U _{Sm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Instalações sanitarias e cozinha		18,84	0,49	9,29	SA= 111,79 SA·U= 53,07 U _{Sm} =SA·U/SA= 0,47
Sala, quartos e hall		92,95	0,47	43,78	

ZONA CLIMÁTICA		C2					
% de huecos		31					
HUECOS (U_{Hm} y F_{Hm})							
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °C)		A·U (W/°C)		Resultados
Z	Instalação sanitária 3.9	1,23	2,40		2,95		SA= 1,23
							SA·U= 2,95
							$U_{Hm}=SA \cdot U / SA=$ 2,40
Tipos		A (m ²)	U	F	A·U	A·F (m ²)	Resultados
E	Cozinha 3.3	4,08	2,17	0,42	8,84	1,71	SA= 7,08
	Quarto 3.5	1,50	2,38	0,42	3,57	0,63	SA·U= 15,98
	Quarto 3.6	1,50	2,38	0,37	3,57	0,56	SA·F= 2,90
							$U_{Hm}=SA \cdot U / SA=$ 2,26
							$F_{Hm}=SA \cdot F / SA=$ 0,41
O	Quarto 3.8	2,40	2,20	0,42	5,29	1,00	SA= 17,22
	Suite 3.7	2,72	2,29	0,42	6,23	1,15	SA·U= 36,99
	Sala 3.4	12,10	2,11	0,31	25,48	3,69	SA·F= 5,84
							$U_{Hm}=SA \cdot U / SA=$ 2,15
							$F_{Hm}=SA \cdot F / SA=$ 0,34

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		C2	
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{maxprov}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada		1,56	0,95
Suelos		0,49	0,65
Vidrios de huecos y lucernarios		2,40	4,4

MUROS DE FACHADA			HUECOS Y LUCERNARIOS			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
N	1,05	0,73	2,40	2,6		
E	0,98		2,26	3,0	0,41	0,47
O	1,06		2,15		0,34	
S	1,31		0,00	3,9	0,00	0,00

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Sm}^{(4)}$
0,47	0,5

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,73	$P_{sat,n}$	1102,34	1405,56	2075,25	2095,58
	f_{Rmin}	0,56	P_n	874,48	894,84	976,89	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,77	$P_{sat,n}$	1092,57	1943,49	2107,77	2125,69
	f_{Rmin}	0,56	P_n	571,88	595,21	1279,49	1285,32

- Zona 2 – Solução 3 - Caso 2 – Piso 4

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		C2			
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})					
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Z	Quarto 4.8	10,15	1,07	10,84	SA= 29,58 SA·U= 31,04 U _{Mm} =SA·U/SA= 1,05
	Instalação sanitária 4.9	3,35	1,07	3,58	
	Quarto 4.6	10,02	1,07	10,70	
	Suite 4.7	2,08	1,07	2,22	
	Quarto 4.8 - ptp	1,08	0,93	1,01	
	Instalação sanitária 4.9 - ptp	1,14	0,93	1,06	
	Quarto 4.6 - ptp	1,76	0,93	1,63	
E	Cozinha 4.3	1,18	1,07	1,26	SA= 17,40 SA·U= 16,83 U _{Mm} =SA·U/SA= 0,97
	Quarto 4.5	5,08	1,07	5,42	
	Quarto 4.6	2,41	1,07	2,57	
	Cozinha 4.3 - ptp	1,60	0,93	1,49	
	Quarto 4.5 - ptp	0,70	0,93	0,65	
	Quarto 4.6 - ptp	1,31	0,93	1,22	
	Sala 4.4 - caixa de elevador	4,29	0,68	2,93	
	Hall 4.2 - patim	0,83	1,56	1,29	
O	Quarto 4.8	4,05	1,07	4,32	SA= 11,77 SA·U= 12,47 U _{Mm} =SA·U/SA= 1,06
	Suite 4.7	5,60	1,07	5,98	
	Sala 4.4	1,42	1,07	1,52	
	Quarto 4.8 - ptp	0,70	0,93	0,65	
S	Sala 4.4	1,38	1,07	1,47	SA= 31,20 SA·U= 41,04 U _{Mm} =SA·U/SA= 1,32
	Sala 4.4 - edificio adjacente	11,38	1,56	17,73	
	Sala 4.4 - ptp	2,50	0,72	1,79	
	Hall 4.2 - caixa de elevador	3,77	0,68	2,57	
	Cozinha 4.3 - patim	10,40	1,56	16,20	
	Cozinha 4.3 - patim ptp	1,77	0,72	1,27	
SUELOS (U _{Sm})					
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Instalações sanitarias e cozinha		18,84	0,49	9,29	SA= 111,88 SA·U= 53,12 U _{Sm} =SA·U/SA= 0,47
Sala, quartos e hall		93,04	0,47	43,82	
CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (U _{Cm} y F _{Lm})					
Tipos		A (m²)	U (W/m² °C)	A·U (W/°C)	Resultados
Cobertura em Contacto com o Exterior		114,97	0,38	43,20	SA= 116,73 SA·U= 43,87 U _{Cm} =SA·U/SA= 0,38
Cobertura em Contacto com o Interior		1,76	0,38	0,67	

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS							
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales				
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Paredes Exteriores em zona corrente	f_{Rsi}	0,73	$P_{sat,n}$	1102,34	1405,56	2075,25	2095,58
	f_{Rmin}	0,56	P_n	874,48	894,84	976,89	1285,32
Ponte Térmica Plana em zona corrente	f_{Rsi}	0,77	$P_{sat,n}$	1092,57	1943,49	2107,77	2125,69
	f_{Rmin}	0,56	P_n	571,88	595,21	1279,49	1285,32